

# SIMPOSIUM SOBRE SUELOS DE SABANA EN EL TROPICO



AUSPICIADO POR

PRAIRIE VIEW A&M UNIVERSITY  
PRAIRIE VIEW TEXAS

Y  
UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO  
COLEGIO DE AGRICULTURA Y ARTES MECANICAS  
MAYAGUEZ, PUERTO RICO



SANTO DOMINGO  
REPUBLICA DOMINICANA

REPORTE del PRIMER  
SYMPOSIO INTERNATIONAL  
SOBRE SUELOS de SABANA  
en el TROPICO

SANTO DOMINGO, REPUBLICA  
DOMINICANA

22-26 de Enero, 1973

Comité de Redacción

J. I. Kirkwood (Chairman)  
Rafael Pietri  
Julio C. Polanco  
Y. P. Chang

PROCEEDINGS OF THE FIRST  
INTERNATIONAL SYMPOSIUM  
OF  
SOILS OF THE TROPICAL SAVANNAS

SANTO DOMINGO, DOMINICAN  
REPUBLIC

January 22-26, 1973

Editorial Committee

J. I. Kirkwood (Chairman)  
Rafael Pietri  
Julio C. Polanco  
Y. P. Chang

## AGRADECIMIENTO

En nombre de la Universidad Agrícola y Mecánica de Prairie View y de su "Equipo de Suelos" deseo expresar más mas sinceras muestras de gratitud a las siguientes personas e instituciones por el éxito obtenido durante la celebración de este simposio.

### Coordinadores de las Conferencias:

Dr. Rafael Pietri,  
Departamento de Agronomía  
Universidad de Puerto Rico,  
Mayagüez, Puerto Rico  
(Actual Rector de esta Universidad)

Ing. Agrón, Yung Ping Chang,  
Research Associate,  
Tropical Soils Grant Program  
Prairie View A&M University

Ing. Agrón. Julio C. Polanco  
Ex Jefe Departamento Agronomía  
Complejo Industrial Pedernales S. A.,  
Santo Domingo, República Dominicana

### Instituciones Nacionales:

Complejo Industrial Pedernales S. A.  
Sectetaría de Estado de Agricultura  
Consejo Estatal del Azúcar

### Agencia Internacional de Desarrollo (AID)

### Comité Coordinador:

Dr. Rafael Pietri

Ing. Agrón. Alberto Genao Madera  
Director Instituto Superior de Agricultura,  
Santiago, República Dominicana

Ing. Manuel De Ovín  
Presidente Complejo Industrial Pedernales  
Santo Domingo, República Dominicana

Dr. George Samuels  
Asesor Plan Fertilización de Suelos  
Consejo Estatal del Azúcar  
Santo Domingo, República Dominicana

Dr. Héctor Luís Rodríguez  
Decano Facultad de Agronomía  
Universidad Nacional Pedro Henríquez Vreña,  
Santo Domingo, República Dominicana

Dr. Ana Silvia Reynoso de Abud,  
Decano Facultad de Agronomía y Veterinaria  
Universidad Autónoma de Santo Domingo  
Santo Domingo, República Dominicana

Ing. Agrón. Héctor Mena V.  
Ex Subsecretario de Investigación y Extensión Agrícola  
Secretaría de Estado de Agricultura,  
Santo Domingo, República Dominicana

Ing. Agrón. Yung Ping Chang

Ing. Agrón. Julio C. Polanco

Expositores:

Dr. F. H. Beinroth  
Colegio de Agricultura  
Universidad de Puerto Rico  
Mayaguez, Puerto Rico

Dr. A. Van Wambeke,  
Ghent University  
Belgica

Ing. Agron. Rafael Alberty  
Consejo Estatal del Azúcar  
Santo Domingo, República Dominicana

Dr. F. H. Redman  
Consejo Estatal del Azúcar  
Santo Domingo, República Dominicana

Dr. Elmer Bornemisza,  
Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas  
(IICA)  
Lima, Perú

Ing. Agrón. Julio C. Polanco

Dr. Robert Fox  
University of Hawaii,  
Honolulu, Hawaii

Dr. Ildefonso Pla,  
Instituto de Edafología,  
Facultad de Agronomía,  
Maracay, Venezuela

Ing. Agrón. Clovis H. Scherer,  
Estacion Experimental de Arroz  
Porto Alegre, Brazil

Ing. Agrón. Robert Cheaney,  
Centro Internacional de Agricultural Tropical;  
CIAI,  
Palmira, Colombia

Dr. José Alfaro  
Department Agricultural Engineering and Drainage,  
Utah State University,  
Logan, Utah

Ing. Marcelo Jorge  
Facultad de Ingeniería,  
Universidad Autónoma de Santo Domingo,  
Santo Domingo, Republica Dominicana

  
Dr. James I. Kirkwood  
Profesor de Suelos y Director  
del Programa de Suelos  
Tropicales

## ACKNOWLEDGMENT

In behalf of Prairie View A&M University and the Soils Team I wish to express sincere gratitude to the following for the success of the Symposium.

### Coordinators of the Conference:

Dr. Rafael Peitri,  
Department of Agronomy  
Universidad de Puerto Rico,  
Mayaguez, Puerto Rico  
(Now Chancellor of this University)

Mr. Yung Ping Chang,  
Research Associate,  
Tropical Soils Grant Program  
Prairie View A&M University

Mr. Julio C. Polanco  
Former Head Agronomy Department,  
Complejo Industrial Pedernales S. A.,  
Santo Domingo, Dominican Republic

### Indigenous Institution:

Complejo Industrial Pedernales S. A.  
Secretariat of State of Agriculture,  
Consejo Estatal del Azucar

### United States AID Mission

### Coordinating Committee:

Dr. Rafael Pietri  
Mr. Alberto Genao Madera  
Director Instituto Superior de Agricultura,  
Santiago, Dominican Republic

Mr. Manuel De Ovin  
Presidente Complejo Industrial Pedernales  
Santo Domingo, Dominican Republic

Dr. George Samuels  
Asesor Plan Fertilizacion de Suelos,  
Consejo Estatal del Azucar,  
Santo Domingo, Dominican Republic

Dr. Hector Luis Rodriguez  
Decano Facultad de Agronomia  
Universidad Nacional Pedro Henriquez Vrena,  
Santo Domingo, Dominican Republic

Dr. Ana Silvia Reynoso de Abud,  
Decano Facultad de Agronomia y Veterinaria  
Universidad Autonoma de Santo Domingo,  
Santo Domingo, Dominican Republic

Mr. Hector Mena Valerio  
Subsecretary of Agriculture for Research and Extension  
Secretariat of State of Agriculture,  
Santo Domingo, Dominican Republic

Mr. Yung Ping Chang

Mr. Julio C. Polanco

Speakers:

Dr. F. H. Beinroth  
Colegio de Agricultura  
Universidad de Puerto Rico,  
Mayaguez, Puerto Rico

Dr. A. Van Wambeke,  
Ghent University,  
Belgium

Mr. Rafael Alberty  
Consejo Estatal del Azucar  
Santo Domingo, Dominican Republic

Dr. F. H. Redman  
Consejo Estatal del Azucar,  
Santo Domingo, Dominican Republic

Dr. Elmer Bornemisza,  
Instituto Interamericano de Ciencias Agricolas  
(IICA)  
Lima, Peru

Mr. Julio C. Polanco

Dr. Robert Fox  
University of Hawaii,  
Honolulu, Hawaii

Dr. Ildefonso Pla,  
Instituto de Edafologia,  
Facultad de Agronomia,  
Maracay, Venezuela

Mr. Clovis H. Scherer,  
Estacion Experimental de Arroz,  
Porto Alegre, Brazil

Mr. Robert Cheaney,  
Centro Internacional de Agricultural Tropical,  
CIAI,  
Palmira, Colombia

Dr. Jose Alfaro  
Department Agricultural Engineering and Drainage,  
Utah State University,  
Logan, Utah

Mr. Marcelo Jorge  
Facultad de Ingenieria,  
Universidad Autonoma de Santo Domingo  
Santo Domingo, Dominican Republic

  
Dr. James I. Kirkwood  
Professor of Soils and Director  
of the 211(d) Tropical Soils  
Grant Program

## INDICE

TITULO	PAGINA
INTRODUCCION GENERAL.....	1
INTRODUCTION (English).....	3
<b>Explicaciones generales sobre los Suelos de Sabana.</b>	
Dr. George Samuels.....	5
<b>General Explanation about Savanna Soils</b>	
(English Summary).....	11
<b>Consideraciones generales acerca de las Sabanas de las Republica Dominicana.</b>	
Ing. Manuel De Ovín.....	15
<b>General Consideration about the Savannas of the Dominican Republic</b>	
(English Summary).....	18
<b>Pedología general de las Sabanas Tropicales</b>	
Dr. F. H. Beinroth y V. A. Snider.....	20
<b>General Pedology of the Tropical Savanna</b>	
(English Summary).....	35
<b>Geografía general de los Suelos Tropicales de Suramérica</b>	
Dr. A. Van Wambeke.....	39
<b>General Geography of the Tropical Soils of South America</b>	
(English Summary).....	48
<b>Clasificación de los Suelos del Proyecto de San Juan de Buena Vista - Ingenio Ozama</b>	
Ing. Rafael Alberty.....	51
<b>Classification of the Soils of A Sugar Cane Project Located on the Caribbean Coastal Plain of The Dominican Republic</b>	
( English Summary).....	63
<b>Algunas Consideraciones sobre la Fertilidad de Tres Suelos de Sabana en la República Dominicana</b>	
Dr. F. H. Redman.....	68
<b>General Consideration about the Fertility of Three Soil Series from the Savanna area of the Dominican Republic</b>	
(English Summary).....	76
<b>Evaluación de los Suelos de Sabanas Tropicales</b>	
Dr. Elemer Bornemisza.....	79

## INDICE

TITULO	PAGINA
Evaluation of the Savanna Soils in the Tropics (English Summary).....	96
Estudio de Reconocimiento de las Características Físicas Químicas y Mineralógicas de los Suelos Bajo Sabana en la República Dominicana Dr. J. B. Colling e Ing. Julio C. Polanco.....	104
First Report of the Physical, Chemical and Mineralogical Characteristics of The Savanna Soil of The Dominican Republic (English Summary).....	119
El Manejo de Oxisoles en las Sabanas Tropicales de Colombia Dr. J. M. Spain.....	124
Soil Management Practices for Oxisols of the Savanna in Colombia (English Summary).....	133
Ponencia General sobre Manejo de Suelos de Sabana Dr. Ildefonso Pla Santis.....	136
General Considerations about Savanna Soils Management (English Summary).....	146
Manejo Integral de Agua en la Producción Agrícola Dr. K. Unhanand y Dr. J. F. Alfaro.....	149
Integrated Water Management in Agricultural Production (English Summary).....	171
Requerimientos Hídricos de la Región Sud Oriental de la República Dominicana Dr. George Hatzeaves y Dr. J. F. Alfaro.....	176
Water Requirements in The Southeastern Region of the Dominican Republic (English Summary).....	201
Conclusiones y Recomendaciones Primer Simposio Internacional Sobre Suelos de Sabana en el Trópico Dr. Rafael Pietri.....	208
Conclusions and Recommendations (English Summary).....	218



## INTRODUCCION GENERAL

La población mundial se aumenta día tras día creando un panorama de miseria y aumentando el número de los que no tienen suficiente alimentos ni siquiera para subsistir. Este aumento poblacional y la cada vez mayor necesidad de suministrar alimentos y fibras, hace necesario que se incorporen nuevas áreas a la producción. Ha llegado la hora de que cada pulgada de tierra sea explotada. Las áreas desprovistas de vegetación productiva deben ser utilizadas para el beneficio de la humanidad.

Cuando se habla de tierras no cultivadas no se puede pasar por alto las grandes sabanas que se encuentran en los trópicos, pues ellas tienen mucha probabilidad de ser la solución para los problemas que representa una deficiente producción de alimentos y fibras.

Un grupo de Universidades compuesto por las Universidades de Cornell, Hawái, Carolina del Norte, Agrícola y Mecánica de Prairie View y Puerto Rico se han dedicado al estudio de los suelos de los trópicos, con el objetivo de conocerlos mejor y utilizar estos conocimientos en prácticas de manejo que permitan su explotación económica. Los esfuerzos realizados en ese sentido ayudan a mejorar la situación agrícola de esos países.

La Universidad Agrícola y Mecánica de Prairie View, como parte de ese grupo, está dedicada al estudio de los suelos que se encuentran en el ecosistema de sabana, en lo que respecta a su fertilidad. Como parte de la estrategia para lograr sus propósitos se organizó este "Primer Simposio Internacional de Suelos bajo Condiciones de Sabana" del 22-26 de Enero, 1973.

Esta Universidad, al igual que las otras, cuenta con fondos provenientes de la Agencia Internacional de Desarrollo (AID) para la realización de sus investigaciones.

El objetivo central de este Simposio fue enfatizar la importancia y el potencial agrícola, que tienen las sabanas tropicales.

Las metas a conseguir con este Simposio se pueden resumir de la manera siguiente:

- (1) Aumentar los conocimientos y familiarizarse con los factores que inciden en la formación de las sabanas.
- (2) Identificar los principales problemas de fertilidad de suelos y los cuellos de botella que limitan la incorporación y producción de las sabanas.
- (3) Establecer relaciones con instituciones latino-americanas que están trabajando y preocupados por los problemas de suelos, sociales y económicos de las áreas de sabana.
- (4) Adquirir conocimientos acerca de los trabajos de investigación que se están realizando en estas áreas y que eventualmente proporcionarán los medios para una completa evaluación del potencial agrícola de estas zonas.

La República Dominicana fue seleccionada como país sede, debido a los lazos de amistad y confraternidad previamente establecidos a través de la Misión de la Universidad Agrícola y Mecánica de Texas. La presión ejercida por aquellos que no tienen un pedazo de tierra donde producir sus alimentos y la necesidad de alimentar una población que crece a pasos agigantados, hacen que la República Dominicana esté interesada en el desarrollo agrícola de las sabanas y ese es quizás el motivo principal por el que nos reunimos aquí.

## INTRODUCTION

The pressure of an increasing world population and the spectre of famine and millions without sufficient food for subsistence makes it important to assess unexploited soil resources of food and fiber.

It is highly probable that the tropical savannas can be a source of agricultural production provided that some of the inherent characteristics of their ecosystems can be modified.

The University Consortium on Soils of the Tropics composed of Cornell University, University of Hawaii, North Carolina State University, Prairie View A&M University, and the University of Puerto Rico aims to increase the United States competencies in soils of the tropics and to utilize these competencies in efforts to alleviate constraints on these soils to agricultural production.

Prairie View A&M University's area of concentration in the consortium effort is "Soil Fertility Problems Under Savanna Prairie Ecology".

In keeping with the objectives of the 211(d) Soils Grant, as funded by AID, and to increase our competency in our area of responsibility, Prairie View A&M University sponsored this symposium on Soils of the Tropical Savannas, January 22-26, 1973 in Santo Domingo, Dominican Republic.

The over-all goal of the symposium was to emphasize the growing awareness of the potential of the tropical savanna areas of the world for agricultural development.

The purposes of the symposium were to:

- (1) Increase understanding and familiarity of savanna ecosystems and parameters that delineate savannas.
- (2) Identify soil fertility constraints or bottleneck problems associated

with the agricultural development of savannas.

- (3) Establish linkages and liaison with indigenous and foreign staff, institutions and organizations actively involved in savanna areas in Latin America and the Caribbean.
- (4) Gain insight and concepts about research and innovations that may eventually lead to the realization of the full agricultural potential of savannas and at the same time result in a better way of life for the people of savanna areas.

The Dominican Republic was chosen as the site for the symposium because of linkages that had already been developed through the Texas A&M System International Program and because of the interest of the Dominican Republic in developing the approximate 400,000 acres of savanna called Las Grandes Sabanas into agriculturally productive land.

## EXPLICACIONES GENERALES SOBRE LOS SUELOS DE SABANA

George Samuels \*

Estamos reunidos aquí para discutir los suelos de Sabana y el mejor uso que podemos hacer de ellos; sin embargo, antes de ir mas lejos creo, que sería mejor definir primero qué es una sabana.

Aún antes de que Cristobal Colón llegara al Nuevo Mundo, los Indios Tainos de las Antillas Mayores llamaron "Zabanas" a las tierras planas cubiertas de gramas y casi despobladas de árboles. Tales terrenos se encuentran en el sub-trópico y trópico en Africa, Asia, América Central, América del Sur y las Antillas, y se les llama sabanas.

Los ecólogos definen las sabanas como una formación vegetativa de los trópicos, compuesta virtualmente de un estrato de plantas herbáceas xerófitas (tipo árido), de las cuales las gramas y los juncos son los componentes principales, con algunos arbustos y árboles esparcidos o algunas que otras palmas algunas veces presente.

Las praderas son las verdaderas sabanas en el trópico, mientras que las estepas o llanuras lo son en los climas templados, incluyendo entre estas últimas las estepas de Rusia, las praderas de norteamérica y las pampas de la Argentina.

Las sabanas Americanas están compuestas por: la sabana de grama alta, la sabana de grama corta y la sabana de juncos. La sabana de grama alta se puede subdividir en cuatro fases: la sabana abierta, la sabana de huertos, las sabanas de palmas y la sabana de pinos.

---

\* Investigador, Estación Experimental Agrícola, Universidad de Puerto Rico, Río Piedra.

La sabana de grama alta está compuesta de gramas perennes y xerófitas de más o menos tres pies de altura, arregladas en grupos y asociadas con juncos y otras hierbas. La sabana abierta no tiene árboles; las sabanas de huertos incluye árboles y arbustos retorcidos; las sabanas de palmas y pinos se caracterizan por la presencia de palmas y pinos respectivamente.

La sabana de grama corta está compuesta de gramas xerófitas y solamente un pie de altura, arregladas en grupos y además, se pueden encontrar árboles espinosos.

La sabana de juncos se compone relativamente de juncos xerófitos de 18 pulgadas de altura y asociados con plantas pequeñas que gustan de la humedad, tales como los helechos y los musgos. Además, se pueden encontrar arbustos y árboles caducos.

Aunque se trate de definir las sabanas, éstas se deben considerar en relación los varios factores que dan lugar a su formación. Estos factores son el clima, la topografía, los factores biológicos y los suelos.

### EL CLIMA

Las sabanas se encuentran bajo una gran variedad de clima. Las temperaturas son esencialmente similares y promedian de 20-30°C poca variación de estación a estación, existen que las heladas son desconocidas.

La lluvia es el factor climático más importante. Las sabanas ocurren en una amplia gama de regimenes pluviométricos que van desde una precipitación anual de 500 mm (20 pulgadas) con un período de sequía de más de 7 meses, hasta más de 2,500 mm (100 pulgadas) con períodos

sequía sin importancia. La sabana de grama corta está localizada en zonas con una precipitación anual de 500-1,000 mm., la sabana de grama alta con lluvia de 1,000-2,000 mm., mientras que la sabana de juncos se encuentra en las áreas con una precipitación anual de más de 2,000 mm.

Las sabanas no existen en los climas más secos de la América tropical cuya población vegetativa está compuesta de cactus, vegetación leñosa espinosa o vegetación de desierto, pero nunca de sabana.

No existe un clima típico de pradera, puesto que la vegetación de sabana indica la influencia de condiciones biológicas y de suelos, más bien que de condiciones climáticas.

#### TOPOGRAFIA

Hay una relación entre las sabanas y sus paisajes; las sabanas ocurren en tierras llanas con una elevación hasta de 4,000 pies sobre el nivel del mar.

Las sabanas ocurren sobre suelos pobremente drenados y de poco relieve; generalmente este es el producto de un paisaje caduco, donde no hay mucha erosión, donde el drenaje externo es deficiente debido a la falta de pendiente y de canales de drenaje organizados y donde los suelos son muy maduros o desarrollados. Aunque es menos común, las condiciones necesarias ocurren en suelos geomorfológicamente joven. Las sabanas nunca están asociadas con terrenos altos, de grandes pendientes y de drenaje rápido.

#### FACTORES BIOLÓGICOS

El hombre y demás animales han sido responsables del cambio de tierras forestales en tierras de sabana y de evitar que tierras de

**sabana se conviertan en tierras de forestas.**

Las sabanas de América no tienen la población natural de animales de pastoreo encontrados en las sabanas africanas. Aún cuando la llegada de los europeos en el siglo XVI, el ganado nunca fué un factor importante debido quizás, a que las gramas predominantes eran ásperas, no apetitosas y deficientes en minerales esenciales, especialmente fósforo.

Grandes montones de tierra construidos por termitas es una característica importante de las sabanas que se hayan en los terrenos viejos de Guinea y el Sur de Brazil.

Las sabanas pueden ser barridas por fuegos accidentales causados por relámpagos, o provocados por el hombre, pero en cualquiera de los casos la vegetación resiste al fuego; sin embargo, las sabanas no dependen del fuego para ser sabanas.

### SUELOS

Los suelos de la sabana son muy variados, yendo de Lateritas hasta los Regur (suelos negros para algodón) de la India.

Los suelos de sabana se diferencian de los suelos de forestas en rasgos que guardan una interacción con la topografía y la lluvia que afectan su drenaje desfavorablemente.

En la mayoría de los casos estos suelos de sabana exhiben un horizonte permeable superpuesto sobre uno impermeable; también pueden estar compuestos de arcillas pesadas impermeables o de arenas porosas en áreas de bajo relieve.

Los suelos de sabana no tienen una verdadera capa freática. Esta es intermitente y sube durante el tiempo húmedo. Hay períodos en

los que alternan estaciones lluviosas con estaciones secas; durante las estaciones lluviosas la superficie del suelo se inunda y se seca durante el período de sequía. El agua subterránea se puede estancar; en contraste con ésto, los suelos altos de forestas son bien drenados por virtud de su porosidad o por sus terrenos inclinados.

Parece ser que el drenaje natural es el factor más importante de los suelos tropicales, el cual afecta la distribución de los tipos de vegetación, tales como la foresta o la sabana; sin embargo, la composición química de los suelos tiene poca o ninguna influencia sobre tal distribución. No es verdad que suelos infértiles pueden sostener sólo vegetaciones pobres.

Parece que hay un número de tipos de suelos típicos de sabana a los cuales, más o menos, se aproximan todos los suelos conocidos.

El primer suelo puede ser llamado "Arena sobre una capa impermeable", donde la capa impermeable puede ser arcilla moteada de rojo o blanco altamente compactada, roca no descompuesta, concreciones de hierro en forma de perdigones, o conglomerado masivo. Tales suelos forman los subsuelos de casi todas las sabanas de Cuba, República Dominicana, Honduras Británica y Trinidad.

El segundo suelo general puede ser llamado "Arcilla con concreciones de hierro". Evidentemente éste se deriva de arena erosionada sobre suelos de capa impermeable. Este tipo se haya en las sabanas del Sur de Brazil.

El tercer tipo de suelo sabanero y el menos común, es el "Suelo Arcilloso Plano". Este consiste de una arcilla de color gris pálido, o de una arcilla limosa en la superficie, mezclándose debajo con una arcilla moteada de rosado o rojo y blanco, la cual puede contener concreciones de hierro. Los suelos de este tipo ocupan terrenos muy llanos, o aún áreas

de depresiones. Este suelo ocurre en la gran sabana de Venezuela, en Trinidad y en algunas áreas de la República Dominicana y Cuba.

Un tipo más raro lo es "los suelos de arenas profundos" encontrados en Cuba y algunos en la tierra baja de Guayana. Estas arenas profundas ocurren en áreas de bajo relieve, presumiblemente con una capa freática próxima a la superficie en ciertas estaciones del año principalmente cuando hay estancamiento de agua.

#### CONCLUSIONES

Podemos decir, que las sabanas están determinadas por el suelo y las condiciones donde éste se encuentra. Las sabanas pueden ser caracterizadas como la vegetación de los suelos altamente maduros de formaciones terrestres caducas, las cuales están sometidas a condiciones de drenaje desfavorable que se manifiesta en una capa freática intermitente y superficial, con períodos alternos severos de inundación y sequía.

En otra palabra, discutiremos en los próximos días los suelos que tienen problemas especiales. Suelos que por su naturaleza, presentan un riesgo agrícola cuando no son propiamente manejados.

Los suelos de sabana de nuestra América tropical ocupan una área muy extensa; ellos representan, un potencial agrícola para nuestra superpoblación; sin embargo, éstos requieren cuidados y prácticas especiales al ponerse en uso. Estos no pueden ser manejados de la misma forma que se manejan los suelos agrícolamente fértiles. La fertilización, drenaje y otras prácticas culturales deben ser aplicadas con concimientos científicos.

Las recomendaciones y conclusiones que se harán en esta semana en este simposium, servirán de guías tanto al Gobierno como a los agrónomos para el mejor uso de los suelos de sabana.

## GENERAL EXPLANATION OF THE SAVANNA SOILS.

### ENGLISH SUMMARY

The Indians from the Antilles used the term "savanna" to describe the vast area of land with a plain topography, covered with grasses and having very few trees. These can be found in the Tropic and Sub-Tropic areas of Asia, Africa, Central and South America and the Antilles.

The ecologists have defined savanna as being a vegetative formation of the tropics, mainly populated by herbaceous xerophitic plants (arid type) with very few trees, shrubs, and palms.

The savanna found in America can be divided into three major groups:

- (1) Savanna with tall grasses
- (2) Savanna with short grasses
- (3) Savanna with junk

The first group is covered by xerophitic grasses three (3) feet high associated with junk and other grasses. The second group is covered by xerophitic grasses one (1) foot high; thorn trees can also be found. The third group is covered with xerophitic junk eighteen (18) inches high and is associated with water loving plants such as fern and moss; some shrubs and trees can also be found.

The savannas have to be treated in relation to all the factors that are responsible for their formation. Those factors are: climate, relief, biological factors and soils.

### CLIMATE

Savannas may be found in areas having an average temperature of 20-30°C, with very little seasonal variation and no frost.

The rainfall varies from 500 mm (20 inches) per year to 2500 mm (100 inches) with a dry season of seven (7) months in the first case and a very

short one in the second case. As the rainfall increases the vegetation goes from short grasses to high grasses to junk. Savannas do not exist in the dry climate of tropical America.

#### RELIEF

The savannas can not be seen independent of their landscape. They are present in plain land with an elevation over sea level up to 4000 feet, poor internal and external drainage, very little erosion and very little slope. They are never associated with high-lands, slopy areas and rapid drainage.

#### BIOLOGICAL FACTORS

Pasture animals were not found by the Europeans in the American savanna as they were in the African savanna. This was due to the low quality of the grasses with respect to palatability, and nutrient content especially phosphorus.

#### SOILS

The soils found in the savanna varies from laterites to regur found in India. They differ from forestry soil in the type of drainage which is related to the rainfall and relief of the area. Most often these soils have a permeable horizon as opposed to an impermeable horizon; they can also be composed of impermeable clay or of porous sand in low relief areas. Their water table is quite variable being high during wet periods and low during dry periods.

The soils found in savanna areas can be divided into four (4) different types:

(1) Sandy over an impermeable layer: The impermeable layer may be composed of reddish to whitish clay highly compacted, undecomposed rocks, and iron concretions. They are usually found in Cuba, Dominican Republic, British Honduras and Trinidad and Tobago.

(2) Clay with iron concretions: This type comes from eroded sand over an impermeable layer.

(3) Plain clay: This consists of a light gray clay or silty clay in the surface over a pinkish, redish or whitish clay horizon. This is found in Venezuela, Trinidad and in some areas of the Dominican Republic.

(4) Deep sand soils: These soils are found in Cuba and in the low land of Guyana. They usually occur in low relief areas with a very high water table.

The savanna soils of Tropical America represents an agricultural potential to provide food and fibers for our over population, but it is risky to put them into production if we do not apply special agricultural practices.

BIBLIOGRAPHY

- Beard, J. S., 1953. The Savana Vegetation of Northern Tropical America, Ecological, Monographs Vol. 23 (2) 149-215.
- Mohr, E. C. J. 1954. The Soils of Equatorial Regions. Ann Arbor, Michigan, U. S. A.
- Nye, P. H. and Greenland, D. J. 1960. The Soil Under Shifting Cultivation. Tech. Comm. No. 51. Commonwealth Bureau of Soils, Harpenden.
- Vageler, P. 1953. An Introduction to Tropical Soils, MacMillan and Co., New York, U.S.A.

## CONSIDERACIONES GENERALES ACERCA DE LAS SABANAS DE LA REPUBLICA DOMINICANA

Manuel De Ovin \*

En la República Dominicana existen enormes planicies conocidas con el nombre de sabanas, que principalmente están situadas en la región Central y Costa Sureste.

Con excepción de la parte de Yamasa, parcialmente Monte Plata y Villa Altagracia, en donde los terrenos tienen una topografía ondulada, todo el resto de los terrenos de sabanas se caracterizan por su topografía llana, con pendientes máximas de un tres por ciento. En principio todas nuestras sabanas tienen una composición ecológica similar.

Estos suelos se caracterizan por ser fuertemente ácidos y tener un alto contenido de aluminio intercambiable; de forma tal que presentan problemas de fijación de fósforo. Los niveles de fósforo disponible, calcio y magnesio, son muy bajos, así como también los de azufre y potasio.

Las zonas en que se hallan enclavadas las sabanas suelen ser objeto de abundantes lluvias y debido principalmente a la presencia de arcillas plásticas son muy poco permeables, razón por la cual se hace necesario un buen sistema de drenaje.

También es característico de nuestras sabanas, y muy especialmente de aquellas de la zona Costera Sureste, el que los períodos de sequía suelen ser muy rigurosos, aunque tenemos a nuestro favor el hecho, demostrado, de que contamos con abundantes y magníficas aguas en el subsuelo. En esas condiciones es posible pensar en riegos suplementarios, con un sistema de pozos profundos.

En la República Dominicana, y muy especialmente en los últimos

años, las presiones de los sectores desposeídos de tierra, para lograr un pedazo donde laborar, son enormes. El Superior Gobierno ha emprendido enérgicos programas para repartir mas equitativamente los terrenos cultivables, pero aún quedan estas enormes superficies de sabana, en principio hasta hoy marginadas, que pueden y deben incorporarse a la producción. Estas tierras de sabana tienen, inclusive, un gran factor a su favor, mientras las demás áreas cultivables afrontan el problema de estar superpobladas, en éstas, verdaderas tierras de promisión, la población es muy baja; en otras palabras casi no tienen habitantes. Es pues lógico pensar, que al incorporarse a la producción las sabanas absorberían gran número de familias campesinas y mitigarían en mucho la presión que por la posesión de la tierra existe sobre las tradicionales áreas de cultivo.

Los terrenos a que hacemos mención especial, la Zona de las Grandes Sabanas, mal llamada Sabana de Guabatico, o sea la Costera Sureste, tiene una superficie de 200,000 Hectáreas, equivalentes a 3,200,000 tareas, medida de superficie nacional en los medios agropecuarios.

Insistimos en denominar a las sabanas "tierras de promisión", ya que son la reserva que la naturaleza nos ha dejado para poder alimentar a nuestra creciente población, y no solamente aquí en Santo Domingo, sino en toda la franja subtropical y tropical.

Los que vivimos enamorados del potencial económico que nuestras sabanas representan, aunque muchos nos crean ilusos o quiméricos, sabemos que esos terrenos responden a nuestros esfuerzos y que con nuestro esfuerzo y dedicación ayudaremos a nuestros semejantes y les dejaremos un mejor mañana a las generaciones venideras.

Todos tenemos un reto. Hemos llegado al momento de no disponer de otros terrenos que los hasta hoy marginados, como son nuestros terrenos de sabanas ácidas, a las cuales, por las razones señaladas, necesitamos poner a producir rentablemente. El guante de ese reto lo hemos recogido los que conocemos las enormes posibilidades de esos terrenos, y es esta la razón por la que nos hallamos todos aquí reunidos.

---

\* Presidente Complejo Industrial Pedernales S.A., Santo Domingo, D.N., República Dominicana.

GENERAL CONSIDERATION ABOUT THE SAVANNAS  
OF THE DOMINICAN REPUBLIC

ENGLISH SUMMARY

Most of the savanna areas of the Dominican Republic are located in the Central and Southeastern regions.

Most, if not all, of these soils are flat with less than 3% slope. All of them have very similar ecological composition.

The chemical characteristics of these soils can be summarized as having a very low pH, high concentration of exchangeable aluminum, high phosphorus fixation, very low phosphorus, calcium, magnesium, sulfur and potassium contents.

The physical characteristics of the soils are not favorable; they have very poor internal drainage due to the presence of an impermeable plastic clay layer underneath the soil surface and high water table.

The area has a high rainfall with a severe long dry season. There is good quality and abundant underground water that can be used for supplemental irrigation from water wells.

These 500,000 acres (200,000 Ha.) found in the southwestern part of the country may and must be put into production. The pressure for the land has increased tremendously, those farmers with no land are asking more and more for a piece of land to work; and this vast area of land can be used to decrease that social pressure in those places where land is better and pressure greater. These areas are not over-populated, we can even say they are quite under-populated and to put them into production will be the solution for the problems of those over-populated regions.

The Dominican government has started programs to improve the system of land tenure, to make a more even distribution of the land and I think that the vast savanna may help it to solve these social problems.

Let me insist that I believe that the savanna areas will be the solution to solve the problems of an increasing population, not only in this country but in all those countries of the tropic and sub-tropical regions. I also want to emphasize that those areas respond to new techniques of production, and that it will depend on all of us to make them productive for the benefit of the world and the generations to come.

## PEDOLOGIA GENERAL DE LAS SABANAS TROPICALES

F.H. Beinroth y V.A. Snyder \*

### 1. INTRODUCCION

A partir de la clásica exposición de Dokuchaev sobre la formación de suelo, ha llegado a ser una filosofía unificadora de la pedología el considerar los suelos como el resultado del efecto integrado de cinco factores ambientales. Anteriormente, se había pensado que condiciones ambientales específicas producen suelos típicos de estas condiciones, y basándose en esta suposición, los científicos de la primera parte del siglo 20 intentaron clasificar los suelos a base de criterios ambientales en vez de propiedades del suelo en sí. El clima y la vegetación se consideraban particularmente importantes y como consecuencia surgieron términos como "suelos de desierto", "suelos tropicales", "suelos de bosque" y "suelos de sabana". Este punto de vista no carecía de lógica, y además reflejaba el estado del conocimiento pedológico prevaleciente en aquella época. Caracterizaciones de esa naturaleza tal vez eran suficientes para las amplias generalizaciones con las cuales se conformaban los primeros pedólogos, pero no son necesariamente adecuadas hoy en día.

Adelantos en la ciencia del suelo, particularmente en la clasificación de suelos, indican claramente que los suelos deben ser clasificados

---

\* Universidad de Puerto Rico, Colegio de Agricultura y Artes Mecánicas, Mayaguez, Puerto Rico.

en base a las propiedades del suelo en sí, en vez de criterios ambientales. Además, las aplicaciones prácticas de la pedología hacen necesario definiciones precisas de clase de suelo.

No obstante lo inadecuados y confusos que resultan ser los términos como "suelos de bosque" y "suelos de sabana", su uso ha persistido. Por ejemplo, el genésicamente prejuiciado sistema de clasificación ruso desarrollado por Rosov todavía retiene una clase de Suelos de Sabana (Basinski, 1959).

El propósito de este trabajo es considerar, en términos generales, la diversidad de suelos encontrados bajo vegetación de sabana. Deberá resultar evidente de la siguiente discusión que el término "suelos de sabana" tiene esencialmente un significado ecológico y/o geográfico, pero muy poca connotación pedológica.

## 2. SABANAS TROPICALES

### 2.1 Definición de Sabana

El término "sabana" probablemente tuvo su origen en Centro América como una palabra de la zona del mar Caribe usada para definir cualquier área no cubierta por bosques. Actualmente es utilizado a través de todo el trópico para caracterizar comunidades vegetales donde las gramináceas y ciperáceas constituyen una fracción importante de la vegetación (EYRE, 1968). Es importante notar que no existe ningún acuerdo general en lo que respecta a la definición de sabana. Es un término ecológico vagamente definido que comprende comunidades que varían desde pastizales desprovistos de árboles hasta bosques con una vegetación herbácea subyacente.

Algunas autoridades han encontrado conveniente subdividir las sabanas en tres categorías a base de la vegetación herbácea que

contienen (SHANTZ y MARBUT, 1923):

I. Sabana Tipo Grama Alta-Arbol pequeño. Esta también se conoce como "sabana de yerba elefante", este es el tipo más frondoso. Las gramas dominantes son Pennisetum spp. junto con Andropogon, Imperata e Hyparrhenia. Los árboles que se encuentran presentes son mayormente deciduos.

II. Sabana Tipo Acacia-Grama Alta. Las plantas dominantes son gramas que crecen en cepas, tales como Andropogon e Imperata; y especies deciduas de Acacia y Cambretum.

III. Sabana Tipo Acacia-Grama de Desierto. Este tipo de sabana se caracteriza por la presencia de gramas altamente xerófitas (predominantemente Aristida) y pequeños árboles espinosos.

## 2.2 Ocurrencia de Sabanas

El cuadro 1 contiene una lista de los tipos de sabana arriba mencionados y su ocurrencia típica en países tropicales.

El hecho que las sabanas son más extensas en África que en cualquier otro continente, probablemente está relacionado a la actividad humana presente allí por más de 10,000 años. Existe la narración por un testigo ocular acerca de grandes fuegos que cubrían el paisaje aún tan temprano como el siglo quinto antes de Cristo (EYRE, 1968).

## 2.3 Teorías Sobre la Formación de Sabanas

El origen de las sabanas sigue siendo objeto de especulación entre los ecólogos. Las diferentes teorías son consideradas aquí sólo hasta el punto donde sean de interés para el pedólogo.

Contrario a la opinión de geógrafos de plantas en el siglo 19, no existe una correlación clara entre el clima y la ocurrencia de sabanas,

y no parece haber un "clima de sabana" particular como postulado por Schimper (1903). Una observación que impulsó a varias autoridades a abandonar la idea de "sabanas climáticas" es la extrema agudeza de la actual frontera entre sabana y bosque.

Este y otros hechos prestan evidencia a favor de la "teoría pirogénica". Durante muchos años ha sido una práctica casi universal en África el quemar la vegetación a intervalos bastante frecuentes y ésto indudablemente ha tenido un efecto considerable sobre la vegetación. De hecho, la mayoría de los árboles encontrados en sabanas, particularmente en África, han desarrollado una peculiar estructura de sus troncos que los hacen relativamente resistentes al fuego, como en el caso de Adansonia digitata.

No obstante la mucha evidencia en favor de la "teoría pirogénica", existen sabanas cuya formación parece ser controlada por condiciones locales del suelo. Según Eyre (1968), los Llanos de la Cuenca del Orinoco son un buen ejemplo de este tipo de sabana. El subsuelo de gran parte de los Llanos es muy pesado y a menudo se encuentra saturado con agua durante la pronunciada estación lluviosa. Se ha sugerido que esta humedad, contrastada con la extrema sequedad del suelo durante la época de sequía, puede impedir la germinación de la mayoría de las especies de árboles. Sin embargo, este punto de vista no es substanciado por los hallazgos de un reciente levantamiento de suelos de esta área, ya que también se encontraron bosques sobre suelos con las mismas condiciones arriba mencionadas. (Van Wambeke, comunicación personal).

La ocurrencia de sabanas también ha sido relacionada con penellanuras viejas no afectadas por la erosión. Se asevera que las sabanas encontradas en los Campos Cerrados de la parte central de Brasil son una vegetación de tipo "clímax edafológico" controladas por suelos empobrecidos y

## Cuadro 1

## OCURRENCIA DE SABANAS EN LOS TROPICOS

Tipo de Sabana	Países donde ocurre
Gramma Alta-Arbol Pequeño	Guinea, Sierra Leona, Mali (parte sur), Alto Volta, Chana (parte norte), Daho-mey, Nigeria, Camerón (parte norte), República de Africa Central, Zaire (parte norte), Sudán (parte sur), Uganda.
Acacia-Gramma Alta	Senegal, Gambia, Mali, Nigeria (parte norte), Chad (parte sur), Sudán (parte sureste), Kenia (parte sur), Tanzania (parte este), Mozambique, Rhodesia, Botswana, República Malagache (parte oeste). Brazil (Mato Grosso), Colombia, Venezuela, Australia (Queensland), India (noreste del Deccan).
Acacia-Gramma de Desierto	Senegal (parte norte), Etiopía (parte sureste), Kenia (parte norte), Botswana, Africa del Suroeste, Australia (Queensland, Territorio del Norte), India (sureste del Deccan).

altamente categorizados (Cole, 1960). Pero al igual que en los casos anteriores, este argumento no se puede mantener si se somete a un escrutinio cuidadoso (Eyre, 1968).

### 3. SUELOS DE SABANAS TROPICALES

#### 3.1 Variabilidad Taxonómica

Los suelos encontrados en áreas de sabanas tropicales exhiben una gran variabilidad taxonómica. Un análisis del mapa de suelos de los trópicos recientemente publicado por la Academia Nacional de Ciencias (National Academy of Sciences) en 1972, indica que ocho de los diez órdenes de suelo reconocidos en Taxonomía de Suelos (Soil Survey Staff, 1970) ocurren en áreas de sabana. Los únicos órdenes que no ocurren allí son los Histosoles y Spodosoles. Los subórdenes más importantes de los órdenes encontrados bajo sabana son los siguientes:

<u>Orden</u>	<u>Suborden</u>
Alfisoles	Udalfs, Ustalfs
Aridisoles	
Entisoles	Aquents, Psamments
Inceptisoles	Andepts, Aquepts, Tropepts
Mollisoles	Ustolls
Oxisoles	Orthox, Ustox
Ultisoles	Udults, Ustults
Vertisoles	Usterts

### 3.2 Correlación entre Tipos de Sabana y Subórdenes

El cuadro 2 menciona los tres tipos principales de sabana y los subórdenes de suelo que allí ocurren. A partir de este cuadro podemos ver que no existe ninguna correlación significativa entre los tipos ecológicos de sabana y los suelos desarrollados bajo ellos. La única conclusión a la cual se puede llegar es que todos los suelos encontrados bajo sabanas tipo "Acacia-Grama de Desierto" tienen un régimen hídrico ústico y posiblemente arídico, I.e. la sección de control de humedad de estos suelos esta seca por mas de 90 días acumulativos durante la mayoría de los años.

### 3.3 Consideraciones Pedogenésicas

En vista de la considerable variación de los factores de formación de suelo encontrados en areas de sabana, la diversidad pedológica no es sorprendente. El clima puede ser húmedo o semi-árido; se encuentran todas las clases de material pedógeno; las superficies geomórficas donde existen estos suelos pueden ser recientes o Terciarias o aún mayores; y la vegetación varía desde pastizales de desierto hasta arboledas herbáceas. Como todos estos factores controlan la pedogénesis, los suelos deberán variar correspondientemente.

Ningun factor ambiental por sí solo puede ser considerado el agente principal en la formación de todos los suelos de sabana. Considerando la amplia variabilidad taxonómica de estos suelos, es particularmente dudoso que la vegetación de sabana por sí sola tenga mucha influencia sobre la pedogénesis. Las relaciones de causa y efecto parecen ser tales que el clima, actividad humana y/o el tipo de suelo condicionan la ocurrencia de la vegetación de sabana en lugar de la vegetación de sabana controlar la formación del suelo.

Cuadro 2

## RELACION ENTRE TIPOS DE SABANA Y SUBORDENES

<u>Tipo de Sabana</u>	<u>Suborden</u>	<u>Países donde ocurre</u>
Gramma Alta-Arbol Pequeño	Udalfs	Dahomey, Ghana (parte sur)
	Ustalfs	Camerón, República de África Central, Mali (parte sur), Nigeria
	Aquepts	Sudán (parte sur)
	Psamments	Angola (parte norte), Congo.
	Orthox	Camerón, República de África Central, Congo, Sudán (parte sur), Zaire
	Udulfs	Guinea, Sierra Leona, Uganda
Acacia-Gramma Alta	Ustalfs	Chad (parte sur), Gambia, República Malagache, Mali, Nigeria (parte norte), Kenia (parte sur), Senegal
	Aquepts	Colombia, India, Venezuela
	Tropepts	Brazil (Mato Grosso), Colombia, Venezuela
	Psamments	Brazil (Mato Grosso), Botswana
	Ustox	Brazil (Mato Grosso), Mozambique, Tanzania (parte este)
	Udulfs	Brazil (Mato Grosso)
	Ustulfs	Brazil (Mato Grosso), India
	Usterts	Australia (Queensland), India Sudán (parte sur)
Acacia-Gramma de Desierto	Aridisoles	Australia (Queensland, Territorio del Norte), Botswana, Etiopía (parte sureste), Kenia (parte norte), Africa del S.oeste
	Ustalfs	Etiopía, India, Senegal
	Usterts	Australia, India, Sudán (sureste)

En lo que concierne a la pedogénesis en los trópicos, es conveniente recordar que el clima del pasado pudo ser bastante diferente al clima presente. Por esta razón las etapas avanzadas de meteorización exhibidas en los Oxisoles encontrados sobre superficies geomórficas antiguas que actualmente sostienen vegetación de sabana, probablemente estén relacionadas a períodos más lluviosos que hoy en día. El proceso de formación de suelos en superficies más jóvenes también ha variado ya que el clima durante el Pleistoceno estuvo sujeto a considerables fluctuaciones asociadas con períodos glaciales e interglaciales en las latitudes altas.

#### 4. PROPIEDADES SOBRESALIENTES DE LOS SUELOS DE SABANAS TROPICALES

A continuación aparece una breve descripción de las propiedades más sobresalientes de los ocho órdenes de suelo encontrados en áreas de sabana. Se mencionan principalmente aquellos criterios empleados en Taxonomía de suelos (Soil Survey Staff, 1970) para diferenciar los suelos al nivel del orden, la más alta categoría de este sistema. Cuadro 3.

Para fines de comparación, se incluyen los equivalentes aproximados de los órdenes de taxonomía de suelo en la leyenda para el mapa de suelos del mundo de la FAO/UNESCO (FAO, 1970). Las principales áreas de ocurrencia de estos suelos aparecen indicadas en el cuadro 2.

##### 4.1 Alfisolos

Las principales características diagnósticas de los Alfisolos son la presencia de un horizonte de iluviación de arcilla (el horizonte argílico), y una saturación de bases mayor de 35 por ciento en la parte inferior de este horizonte. En los trópicos pueden ser considerados como una etapa intermedia entre los Inceptisolos y los Ultisolos.

Cuadro 3:

## GAMA GENERAL DE ALGUNAS PROPIEDADES CLAVES DE SUELOS DE SABANAS TROPICALES

<u>Propiedad</u>	<u>Gama Aproximada</u>
Textura	Arena hasta Arcilla
Profundidad del solum	Poco profundo hasta profundo
Infiltración	lenta hasta rapida
pH	Acido hasta alcalino
Capacidad de intercambio de cationes	5 hasta 10 meq/100g suelo
Saturación de bases	10 hasta 100 porciento
Materia Orgánica	1 hasta 8 porciento
Mineralogía	Teóricamente todas clases
Régimen hídrico	Arídico, Ustico, Udico, Acuico
Régimen de Temperatura	Isohipertérmico, Isotérmico
Clima	Arido hasta húmedo
Geomorfología	Superficies recientes hasta superfices terciarias o mayores
Roca Madre	Todos los tipos de roca

Los Alfisoles probablemente constituyen el orden más extenso encontrado en áreas de sabana, y son particularmente prodominantes en Africa en la franja de sabana que colinda con la selva ecuatorial al norte. La alta saturación de bases de estos suelos probablemente se debe a un rejuvenecimiento constante causado por el polvo calcareo traído por el viento desde el desierto de Sahara.

Anteriormente, los Alfisoles fueron llamados "Suelos Podzólicos Gris Pardos" y "Suelos Pardos no Cálcicos". En el sistema de la FAO son denominados Luvisoles o Planosoles.

#### 4.2 Aridisoles

Los Aridisoles son esencialmente suelos de lugares secos. Normalmente poseen regimenes hídricos arídicos y horizontes subyacentes de acumulación de sales, tales como los horizontes nátricos, sálicos, cálcicos y gípsicos. Algunos Aridisoles poseen horizontes argílicos que pudieron haberse formado bajo un clima más húmedo que el actual.

Estos suelos de desierto aparecen clasificados como Yermosoles y Xerosoles en el sistema de la FAO.

#### 4.3 Entisoles

Los Entisoles tienden a ser de origen reciente, y su poca edad se refleja en la ausencia de horizontes genésicos. Esta falta de horizontes genésicos también puede ser debido a un material pedógeno consistente de minerales altamente resistentes tales como el cuarzo, o puede ser causado por la adición de material fresco a una velocidad mayor que el desarrollo de horizontes.

Estos suelos han sido identificados como "Suelos de Aluvión", "Regozoles" o Litosoles", y en el sistema de la FAO son clasificados como

Llvisoles, Regosoles o Arenosoles.

#### 4.4 Inceptisoles

Los Inceptisoles incluyen aquellos suelos que exhiben etapas iniciales de formación de suelo. No muestran evidencia de iluviación significativa, eluviación o meteorización extremada, pero poseen uno o más de los horizontes diagnósticos que se piensan son formados con bastante rapidez, tales como el epipedón mólico o el horizonte cámbico. Un importante suborden de los Inceptisoles en el trópico es el comprendido por los Andepts, los cuales son suelos derivados de ceniza volcánica reciente.

Este orden incluye suelos que han sido llamados "Suelos Pardos Forestales" y en el sistema de la FAO son denominados Cambisoles, Gleysoles o Andosoles.

#### 4.5 Molisoles

El concepto central de Molisoles es uno de suelos que poseen un epipedon mólico, el cual es un horizonte superficial generalmente oscuro y bastante profundo con un contenido de materia orgánica mayor que 1% y una saturación de bases de 50 por ciento o más.

Anteriormente estos suelos fueron denominados Chernozems, Suelos Castaños, Rendzinas. Los pocos Molisoles encontrados bajo sabanas tropicales son principalmente Phaeozems en el sistema de la FAO.

#### 4.6 Oxisoles

Los Oxisoles representan etapas avanzadas de meteorización y desarrollo pedológico. Se caracterizan por la presencia de un horizonte óxico, o por plintita cerca de la superficie en combinación con un régimen hídrico ácuico. El horizonte óxico es esencialmente una mezcla de óxidos

hidratados de hierro y aluminio, varias arcillas de látice tipo 1:1 y minerales accesorios altamente insolubles tales como cuarzo y zircón. Hay solamente trazas de, o ningunos minerales primarios que podrían meteorizarse y liberar bases. La cantidad de bases intercambiables es muy baja y la capacidad de intercambio de cationes no excede 16 meq/100g. de arcilla. Los Oxisoles estan normalmente asociados con superficies geomórficas de gran edad.

Muchos de los suelos que anteriormente fueron llamados Latosoles, Lateritas, Ferralitas o Terra Roxa son actualmente clasificados como Oxisoles. En el sistema de la FAO son denominados Ferralsoles.

#### 4.7 Ultisoles

El orden de los Ultisoles incluye aquellos suelos que poseen un horizonte argílico con una saturación de bases menor que 35 por ciento en su parte inferior. Aunque la meteorización y el desarrollo del suelo se encuentran en etapas bastante avanzadas, todavía hay minerales presentes que pueden liberar bases. Las altas cantidades de aluminio intercambiable que usualmente se encuentran en los Ultisoles constituyen su problema químico principal.

Muchos de los suelos anteriormente llamados "Suelos Podzólicos Rojo Amarillos" y "Suelos Lateríticos Rojo Pardos" actualmente son clasificados como Ultisoles en la Taxonomía de Suelo y como Acrisoles en el sistema de la FAO.

#### 4.8 Vertisoles

Los Vertisoles son suelos cuya profundidad es mayor de 50 cm. y que poseen mas de 30 por ciento de arcilla, generalmente de látice 2:1. Los Vertisoles ocurren típicamente en climas con una marcada estacionalidad,

poseen relieve de gilgai y desarrollan grietas en la época de sequía. Aunque normalmente son de color oscuro, frecuentemente poseen menos de 2% materia orgánica. Tanto su capacidad de intercambia de cationes como el porcentaje de saturación de bases son altos en estos suelos.

Los mismos han pasado por una variedad de nombres que incluyen Grumusoles, Regur, Tirs, Suelos Negros de Algodón y Arcillas Negras Tropicales. Estos son denominados Vertisoles tanto en la Taxonomía de Suelo como en el sistema de la FAO.

#### 5. CONCLUSIONES

A la luz de la breve discusión anterior resulta obvio que los suelos de sabanas tropicales difieren mucho en propiedades ambientales, físicas, químicas y mineralógicas. La gama aproximada de algunas propiedades edafológicas claves esta resumida en el cuadro 3. Probablemente los únicos parámetros comunes a todos los suelos de sabanas tropicales son un déficit hídrico durante parte del año y regimenes de temperatura tipo "iso".

Por lo tanto vemos que el término "suelos de sabana" conlleva muy poca información pedológica específica. Es una reliquia de los primeros días de la ciencia del suelo, y aunque tal vez pueda ser empleado como un término edafológico general, su uso como un término técnico debería ser discontinuado.

Las aplicaciones prácticas de la pedología, tales como la transferencia de tecnología, hacen necesario que se cuente con clases de suelos cuantitativamente definidas. La Taxonomía de Suelos provee un sistema de clasificación que permite caracterizar los "suelos de sabana" en una forma mas significativa tanto para agrónomos como para pedólogos.

### RESUMEN

Queda demostrado que los "suelos de sabana" comprenden ocho de los diez órdenes de Taxonomía de Suelos, y difieren significativamente en propiedades edafológicas, físicas, químicas y mineralógicas. La variabilidad en los parámetros claves de estos suelos es tal que ningún criterio por si solo puede ser aplicado a todos los suelos de las sabanas.

La diversidad taxonómica de los suelos desarrollados bajo sabanas tropicales se atribuye a la considerable variabilidad de las condiciones de formación de suelo, particularmente la edad y posición geomórfica, el material pedógeno y el paleoclima.

Debido a que "suelos de sabana" es un término pobremente definido, con poco más que una connotación edafológica general, se recomienda el uso del sistema de Taxonomía de Suelos.

## GENERAL PEDOLOGY OF THE TROPICAL SAVANNAS

### ENGLISH SUMMARY

Since Dokuchaev's classic work it has become a unifying philosophy of pedology to consider soils as the results of five (5) acting environmental factors, which makes scientists classify soils according to environmental criteria, particularly climate and topography. In the process the term forest soil, desert soils etc., emerged; this indicates, besides anything else the knowledge of those days.

Now, with the advance of sciences, we can classify soils on the basis of soil properties rather than to employ vague environmental criteria.

Though the terms savanna soils and forest soils are unsatisfactory and many times confusing, their usage is nevertheless perpetuated by people from disciplines other than soil science.

The term savanna has its origin in Central America probably to describe areas exempt of forestry; though the term is now used widely comprising a great range of communities from treeless grasslands to woodland with continuous herbaceous undergrowth.

Savanna may be divided into three major groups:

- (a) Tall grass-low tree savanna
- (b) Acacia - tall grass savanna
- (c) Acacia - desert grass savanna

Savannas are more abundant in Africa. It might be related to human activities for over 10,000 years, and to fire covering the landscape as early as the fifth century B.C.

Some of the theories trying to explain the occurrence of savannas are:

- (a) Pyrogenous theory: Burning off without doubt, has considerable impact on the plant community, in fact most of the trees found on African

savannas and other savannas are fire resistant as indicated by the peculiar structure of their trunks.

(b) Local soil condition theory: The Llanos of the Orinoco with very heavy and frequently water logged during wet seasons and extreme dryness during the dry season may prevent the germination of most tree species.

Eight out of the ten orders of soils included in the Soil Taxonomy are found in savanna areas. Those two orders that do not appear in those areas are Histosol and Spodosols.

The pedologic diversity found in savanna areas should not be surprising due to the existence of considerable variation of soil forming found in those areas; climate from humid to arid, different parent material, geomorphic surfaces from recent to tertiary or even older; different vegetation from desert grassland to herbaceous woodland. This means that no one single soil forming condition can be considered predominant when dealing with savanna soils. The cause-effect relations appear to be such that climate, human activities and/or soil conditions, the occurrence of savanna vegetation rather than savanna vegetation controlling soil formation, which means to say that it is particularly doubtful if the savanna per se influenced pedogenesis. It is more difficult to admit if the variations that has taken place in climate during the pleistocene are taken into account.

The orders of soil found in savannas have particular characteristics and can be listed as aridisol (soils of dry places). Alfisols (argillic horizon with a base saturation of more than 35%. Entisols (no presence of genetic horizons perhaps due to the existence of a regolith consisting of highly resistant minerals. Inceptisols (with initial stage of horizonation, insignificant illuviation, eluviation and extreme erosion).

Mollic soils (mollic epipedon) more than 50% base saturated, more than one percent organic matter). Oxisols ( with an oxic horizon, or orquic moisture regime and plinthite, the oxic horizon is reached in hydrated oxides of iron and aluminum). Vertisols (argillic horizon (with less than 35% base saturation), some weatherable materials in contrast with oxisols that do not have weathered materials. Vertisols ( more than 50 cm thick, 30% clay of the 2:1 lattice type, cracks during dry season.

In light of the above discussion it is obvious that savanna soils differ greatly in the chemical, physical, environmental and mineralogical properties. Probably its only thing in common is moisture stress during unspecified times of the year.

## LITERATURE CITED

- Basinski, J. J., 1959. The Russian Approach to Soil Classification and its Recent Development. J. Soil Sci., 10: 14-26
- Cole, M. M., 1960. Cerrado, Caatinga and Pantanal; the distribution and Origin of the savanna vegetation of Brazil. Geogr. J., 126, part 2.
- Eyre, S. E., 1968 Vegetation and Soils. Aldine Publ. Comp., Chicago.
- FAO (Food and Agriculture Organization), 1970. Key to Soil Units for the Soil Map of the World. FAO, AGL: SM 70/2, WS/A 7460, Rome.
- National Academy of Sciences, 1972. Soils of the Humid Tropics. Nat. Acad. Sci. Washington, D. C.
- Schimper, A. F. W., 1903. Plant Geography upon a Physiological Basis. (Transl. by W. R. Fisher). Clarendon Press, Oxford.
- Shantz, H. L. and Marbut, C. F., 1923. The Vegetation and Soils of Africa. Nat. Res. Council and Amer. Geogr. Soc., New York.
- Soil Survey Staff, 1970. Soil Taxonomy. (Selected Chapters of the Unedited Text). Soils Cons. Serv., USDA, Washington, D. C.

GEOGRAFIA GENERAL DE LOS SUELOS  
TROPICALES DE SURAMERICA

A. Van Wambeke \*

A. Los Factores Ambientales

1. Geología y Geomorfología

Los suelos se encuentran ubicados entre dos universos distintos: por una parte la costra de la tierra formada por las rocas y por la otra parte las fuerzas producidas por la atmósfera, que tratan de destruir y remover los suelos que se han formado a partir de los materiales producidos por la meteorización de las rocas.

La edad de un suelo, o su grado de desarrollo depende mucho del equilibrio que existe entre estos dos grupos de fuerzas. Las regiones con estructura estable, que desde épocas geológicas antiguas no han sufrido mayores trastornos y que han estado siempre en posición elevada, o sea los escudos continentales, han tenido tiempo suficiente para que los materiales primarios se meteorizen completamente y a gran profundidad, sin ser removidos por la erosión.

Hay dos escudos continentales importantes en la zona tropical de la América Latina (Véase mapa No. 1): el escudo de las Guayanas y el escudo del Brazil, sobre los cuales desde el Jurásico existen inmensas áreas planas de posición elevada donde la erosión no ha podido alterar de una manera efectiva los procesos de formación de los suelos. Es en estas altiplanuras que se encuentran los suelos más profundos y más meteorizados;

---

\* Profesor de la Universidad de Gante, Bélgica.

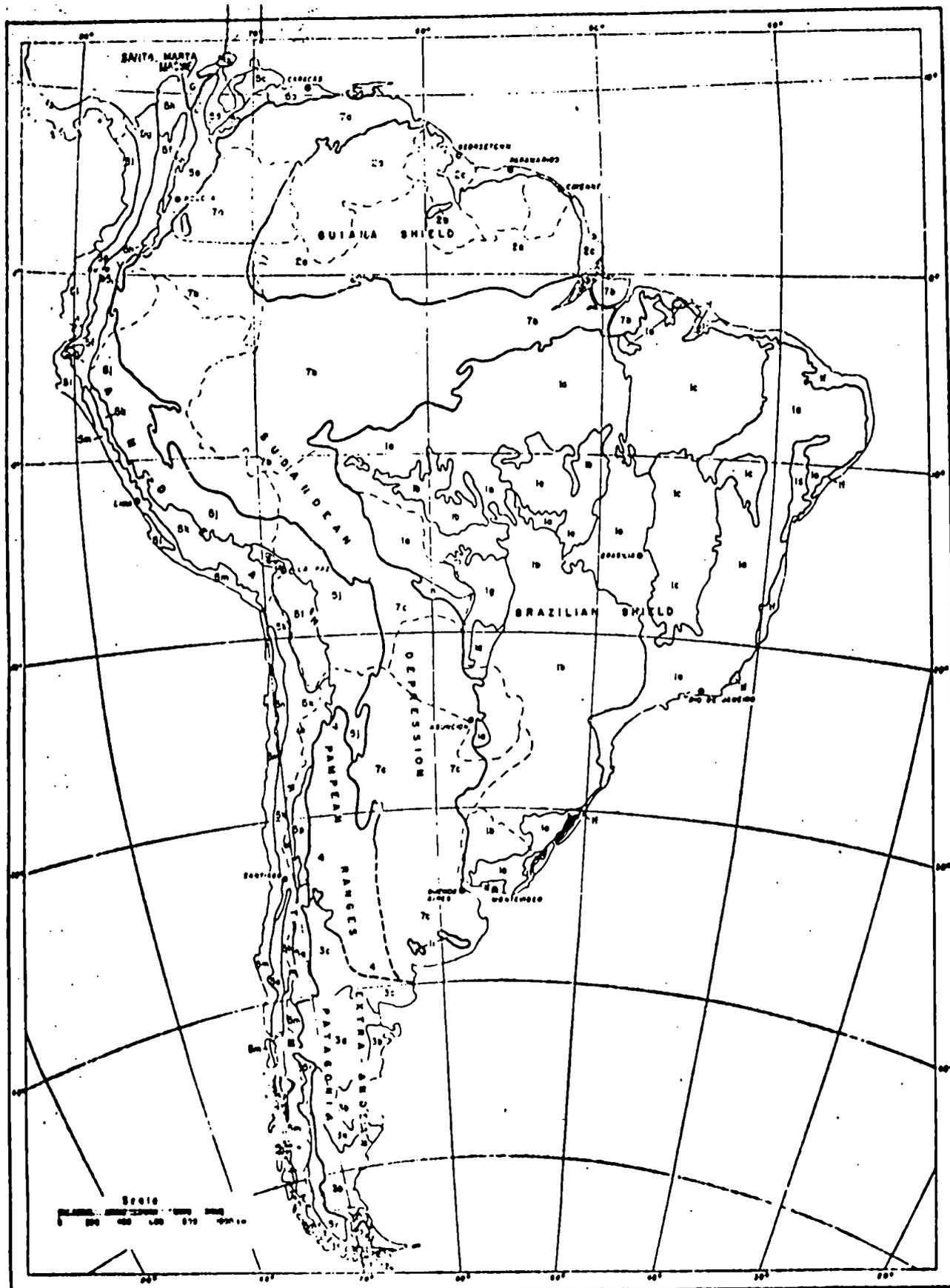


Figura 1. Regiones Geotectónicas de Sur América

los mismos han sido meteorizados hasta tal punto que ya no pueden suministrar todos los elementos nutritivos esenciales para el desarrollo de las plantas.

La segunda gran región natural del continente suramericano corresponde a la Cordillera de los Andes que se encuentra diametralmente opuesta a los escudos continentales y es el área de mayor inestabilidad. Este se formó en el Cretaceo, pero ha sufrido en la época geológica más reciente una actividad tectónica muy fuerte. Debido a las fuertes pendientes en las sierras, la erosión es muy activa lo que no permite que el material del suelo permanezca por mucho tiempo en la superficie no llegando a alcanzar grados de desarrollo muy avanzados. Además, las efusiones volcánicas es un importante factor que ha contribuido al proceso de rejuvenecimiento de estos suelos, especialmente en las cordilleras centrales. La parte oriental de esta región está formada, principalmente, sobre rocas sedimentarias frecuentemente ácidas. Se debe recordar, que la calidad de un suelo depende, mayormente, de la conservación de las capas húmíferas superficiales de las cualidades de la roca madre.

El orogénesis de la cordillera está acompañado, simultáneamente, por el hundimiento de una zona situada al este de las sierras. Esta depresión incluye las cuencas de los ríos Amazona, Orinoco y Paraná. El valle del río Amazona, donde colinda con los escudos continentales, se llena con sedimentos de arrastre que se originan en las formaciones litológicas pobres de la cordillera oriental. El hundimiento progresivo causa inundaciones periódicas que producen en los perfiles características típicas de óxido-reducción que llegan a constituir horizontes con gley fuerte y acumulaciones de hierro en forma de plintita.

A grandes rasgos se pueden correlacionar las tres regiones principales de Sur América con la misma denominación de las grandes subdivisiones que se utilizan en la Taxonomía de los suelos.

En la zona de estabilidad, o sea sobre los escudos continentales, se encuentran los suelos más meteorizados, llamados Oxisoles, de los cuales la mayoría es bien drenada; en las cordilleras los suelos que dominan pertenecen a los Inceptisoles o los que inician su desarrollo. Los que son derivados de cenizas volcánicas, son llamados Andepts, una subdivisión de los Inceptisoles, que tiene propiedades semejantes a los suelos volcánicos del Japón, conocidos como Andosoles.

Las áreas que se encuentran en las zonas de subsidencia, y que sufren, en climas muy lluviosos, de condiciones de drenaje pobre y donde la meteorización no ha procedido normalmente, están caracterizados, en su mayoría, por los Aquepts y Aquults. Cuando hay acumulación de hierro en el perfil (plintita) los grupos se conocen con el nombre de Plinthaquult o Plinthaquept. Los Aquults pertenecen a los Ultisoles, que se discutirán mas adelante.

## 2. Clima

Hay dos factores climáticos de importancia en la distribución geográfica de los suelos tropicales en la América Latina: son las temperaturas promedios anuales y el régimen de lluvias durante el año. Como esta discusión se limita al trópico, no hay que considerar la presencia de estaciones tales como inviernos o veranos determinados por variaciones de temperatura.

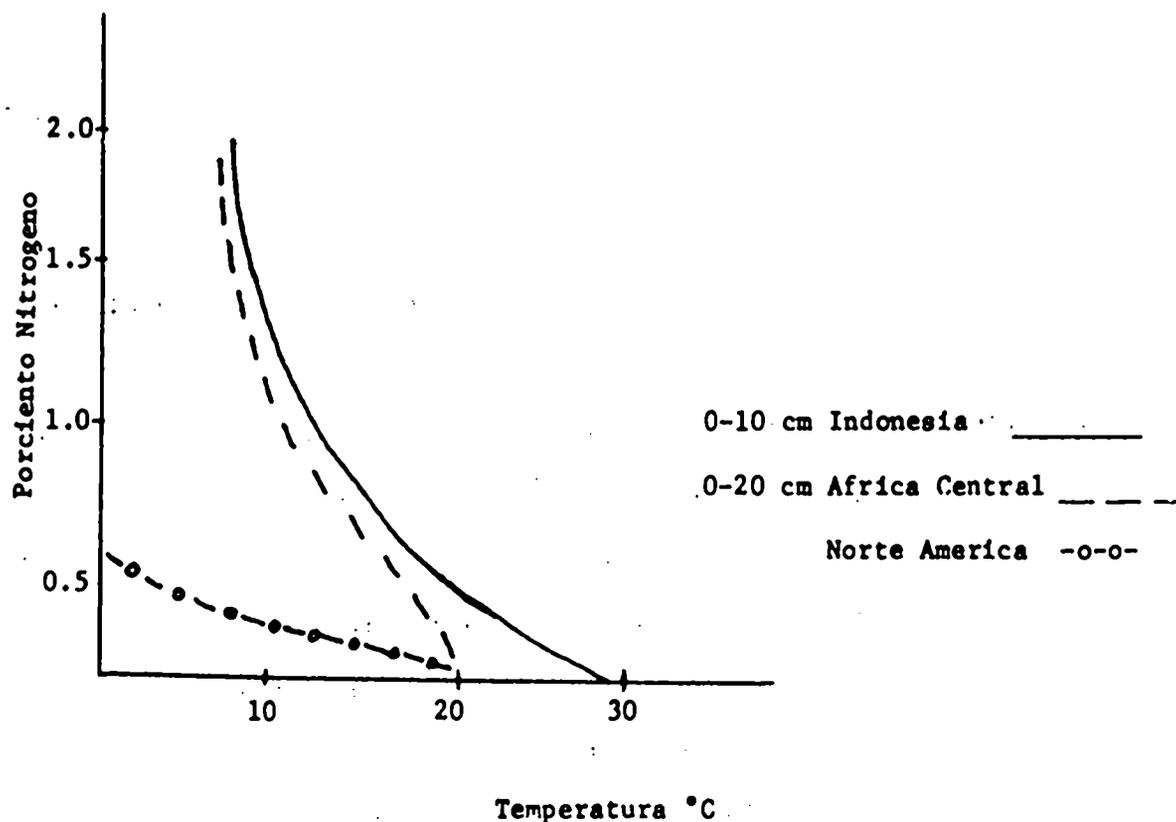
Es conocido que la altitud causa una disminución de la temperatura promedio anual que a su vez produce un aumento en la cantidad de materia orgánica en los suelos. Esta relación ya se estableció en Colombia por los trabajos de investigación de Jenny, y muchos otros ejemplos se han observado desde entonces (Véase fig. No. 2).

Este efecto es mucho más notable en el trópico que en las latitudes elevadas donde las heladas durante el invierno ponen fin a la producción de materia orgánica por las plantas. (Fig. No. 2)

Hay dos regiones en el trópico suramericano que se caracterizan por los altos contenidos de materia orgánica: la primera corresponde a la Cordillera de los Andes y la segunda se encuentra en la parte sur del planalto central del Brazil.

El segundo factor climático de importancia es el régimen pluviométrico determinado por la duración de la época seca durante el año. Este factor influye sobre dos procesos de formación de horizontes; la translocación de arcilla y la lixiviación de cationes. Cuanto más abundante es la pluviometría anual, más pobres en Ca, Mg, K y Na son los horizontes del subsuelo del suelo. Sin embargo, cuanto más se prolonga la estación seca, más abrupto es el cambio entre los horizontes de eluviación de arcilla, y los horizontes argílicos. Esto se confirma especialmente en materiales en los

Fig. 2. Relación generalizada entre acumulación de materia orgánica y temperatura



cuales el tipo de arcilla se dispersa fácilmente para migrar a los hori-

zontes inferiores.

Se considera que se necesitan más de dos meses de sequía para que las condiciones del suelo favorezcan la migración de arcilla al empezar la estación de lluvias. La formación de grietas durante la época seca para que haya suficiente porosidad y espacio que permita al agua circular con bastante turbulencia en los suelos. Los materiales caolíníticos que dominan en los suelos más antiguos (Oxisoles), difícilmente se agrietan y por su poca carga eléctrica no dispersan fácilmente. Los Oxisoles por este motivo raras veces presentan el horizonte argílico y son bastante resistentes a la formación de B Texturales. Los otros materiales de meteorización son más aptos para formar horizontes de iluviación de arcilla. Por esta razón es muy común encontrar en una misma área climática Oxisoles en las partes planas elevadas y suelos con horizonte argílico en las pendientes. Esta distribución de los suelos en el paisaje ocurre con mayor frecuencia en áreas de sabana. Los suelos con horizonte argílico se conocen en la Taxonomía con los nombres de Ultisoles y Alfisoles. Los primeros son pobres en cationes, los segundos tienen una saturación de base de más de 35% en el subsuelo.

### 3. La Vegetación

La vegetación natural es un indicador de las condiciones ecológicas predominantes en una cierta área. Las formaciones vegetales que existen en la zona tropical cálida son las sabanas y las selvas de las que la distribución geográfica corresponde con la variación de plúviometría estacional.

Los factores edafológicos raras veces determinan por sí solos la naturaleza de la vegetación pero pueden, sin embargo, favorecer el establecimiento de ciertos tipos de cobertura vegetal y/o retardar otros. La acción misma de la vegetación sobre las características de los suelos se manifiesta esencialmente por las modificaciones en las propiedades de la

materia orgánica. Hay pocos estudios sobre este aspecto de la edafología tropical.

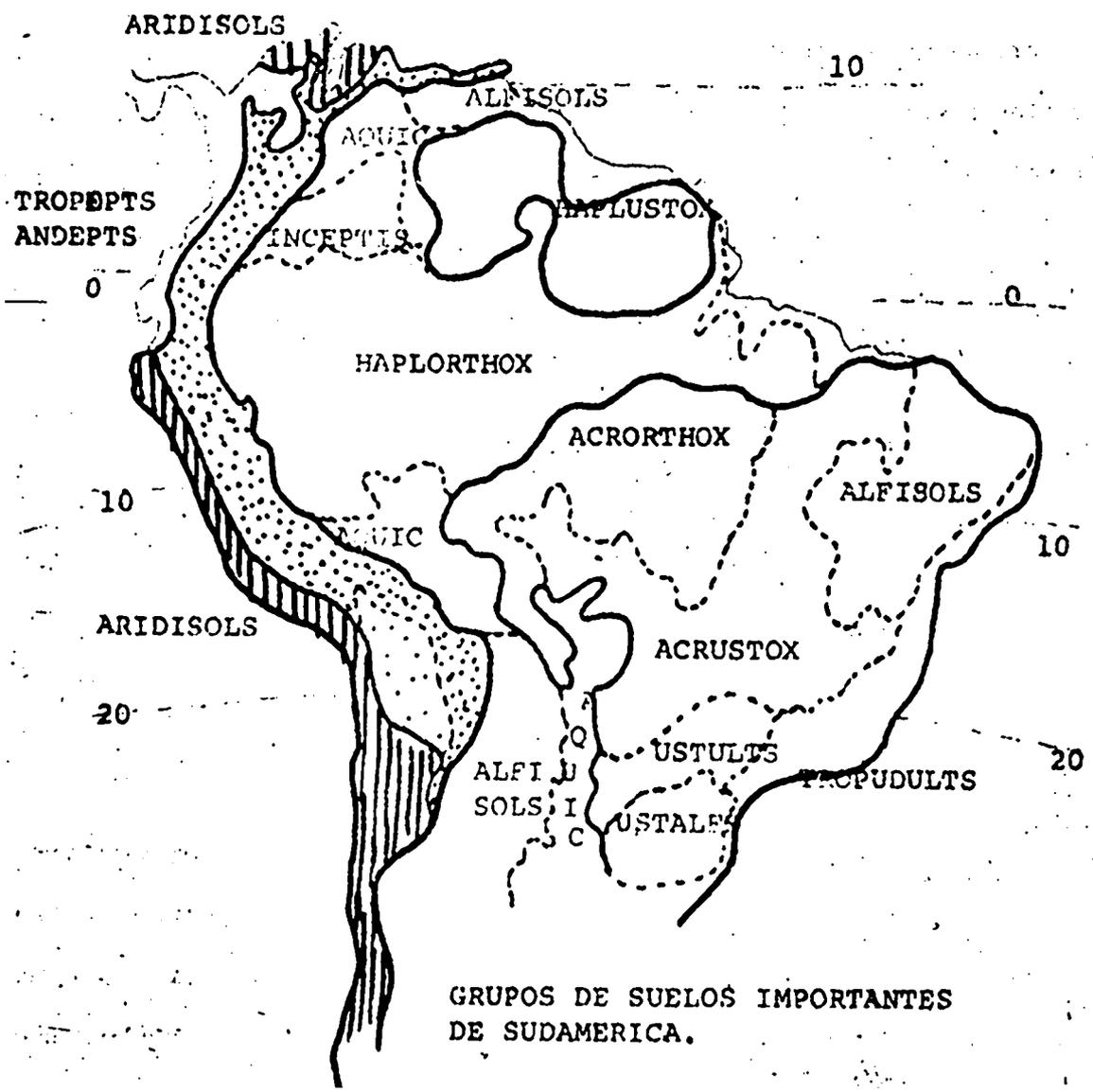
El contenido de materia orgánica no solamente depende de los factores ambientales. Los minerales arcillosos de los suelos interfieren para fijar, en cierto grado, el contenido de equilibrio ecológico del C orgánico de los suelos. En estudios de correlación hay que comparar suelos con cantidades y tipos de arcilla similares. Es únicamente en este caso que aparecen diferencias significativas entre los suelos de sabanas y los suelos de las selvas. Así, Pavageau ya indicó en 1952 que las relaciones C/arcilla y N/arcilla son las más bajas en las sabanas.

Otra acción que se desarrolla por intermedio de la vegetación es la recuperación de nutrientes por intermedio de las raíces y la disminución de las pérdidas por lixiviación. La selva parece ser un mejor acumulador de nutrientes en la superficie que las vegetaciones de gramíneas. También es conocido que las vegetaciones arbóreas fijan el N en mayores cantidades que las sabanas. Estos aspectos son muy importantes para la interpretación agrícola de los datos de los reconocimientos de suelos.

Antes de terminar este capítulo hay que mencionar las vegetaciones típicas que ocurren en las partes más altas de las tierras frías de la cordillera. Los "páramos" forma una región ecológica muy típica en América del Sur, de suerte que en cualquier mapa de suelos estos tienen que aparecer como unidad cartográfica.

#### B. Las Regiones Edafológicas

No hay manera de resumir en tan corto tiempo la variabilidad de los suelos del Continente. El mapa a 1:5,000,000 publicado por FAO/UNESCO contiene más de 650 tipos de asociaciones de suelos; no se puede sino escoger los suelos dominantes de cada gran región y utilizarlos como los ejemplos más adecuados para describir lo que se cree ser la aproximación



más útil de la realidad.

El mapa No. 2 es un extracto de un mapa de regiones edafológicas publicado por FAO/UNESCO, en el cual se han indicado los grupos de suelos que requieren mayores esfuerzos de investigación. De ninguna manera es un mapa de asociaciones de suelos. Trata únicamente de estimular estudios agronómicos sobre los suelos mencionados.

El reconocimiento de suelos y su cartografía constituyen los instrumentos indispensables para la transferencia de experiencia en el uso de la tierra de un área a la otra. Como cada planta necesita su propio manejo, también cada suelo requiere prácticas de utilización adecuadas, adaptadas a sus necesidades y aptitudes.

La taxonomía de los suelos de los Estados Unidos y de Puerto Rico se encuentra ya muy adelantada, y permite comparaciones entre los potenciales de muchos suelos.

Existe también una información dispersa sobre los suelos de la América Latina, que podría aprovecharse mejor si fuera ordenada en un sistema de clasificación detallado, para que haya una posibilidad de intercambio mejor entre los países.

Un esfuerzo mayor para la correlación de estos suelos se necesita; en muchos países se proyectan elaborar tablas de clasificación, utilizando el sistema de taxonomía de los EE. UU. Sin embargo, los recursos disponibles para adelantar estos trabajos frecuentemente no son suficientes.

## GENERAL GEOGRAPHY OF THE TROPICAL SOILS OF SOUTH AMERICA

ENGLISH SUMMARY

The degree of maturity of any soil depends on the equilibrium existing between the soil forming factors on one side and the atmospheric pressure that tries to destroy what has been formed.

We found areas such as the Brazilian Shield and Shield of Guyana with a lot of plain land formed during the Jurassic period where erosion has been negligible due to its high position. It is in those areas where we found the most weathered and deep soils. They are so weathered that they are not able to supply all the essential plant nutrients.

The second big region is the Andes Cordillera which is the most unstable region. It was formed during the Cretaceous but has suffered a lot of tectonic activities recently, and this, added to the slope of the mountains and the volcanic activities, favors erosion and keeps the soils young. These results go along with a sinking of a big area composed of the Amazona, Orinoco and Parana river basins; this deep area is filled with poor quality sediments from the Cordillera. Besides, the periodic flooding of the areas reoxidation occurs in the soil with the final accumulation of plinthite.

The most weathered and stable soil belongs to the Oxisols. Inceptisols are found in the Cordillera, those coming from volcanic ashes are called Andepts, which are similar to the Japanese Andosols. The areas of high rainfall, poor drainage are characterized by the presence of Aquepts and Aquilts.

The two most important climatic factors that must be considered with respect to soil distribution in Latin America are mean annual temperature and rainfall regime through the year.

A decrease in temperature with heights favors the formation of organic

matter in the tropics. The Andes Cordillera and the South of Central Brazil are rich in organic matter.

The rainfall regime influences two of the most important soil horizon formations: clay movement and leaching of cations. The higher the rainfall the less Ca, Mg, K, and Na found in the sub-soil of the soils. The longer the dry season the more drastic the change between argillic and eluviation horizons. It has been considered that at least two months are needed for the soil conditions to favor clay movement. Since the Kaolinitic materials do not swell and shrink and do not have much electric charge the soils coming from those materials (oxisols) do not have an argillic horizon. Other materials being easier for clay movement favors soils with argillic horizons, that is why we normally find oxisols in plain areas and others on the slope of the mountains. The soils with argillic horizons are Ultisols and Alfisols being the being the last one the poorer in Cations.

The vegetation found in tropical America is composed of savanna and jungle. Though soil conditions alone do not determine the vegetation, they can affect them by stimulating some species and inhibiting others.

Since the type of clay affected the organic matter of the soil with respect to C/clay, N/clay (the lowest are found in savannas) we must correlate these parameters in soils with similar types and amounts of clay.

Forest soils accumulate more nutrients and fix more nitrogen than savanna soils.

The edaphological regions may be studied from : the map 1:5,000,000 published by FAO/UNESCO (it is shown in map 2), Soil Taxonomy of USA and Puerto Rico and other wide spread information about Latin American Soils. The latter must be compiled and studied to ease the communication among soil scientists of the world.

REFERENCES

- Beek, F. J., Bramao, L.** 1968- Nature and geography of South American Soils. In: Biogeography and geology in South America, edited by Fittkau et. al. pp. 82-112. Dr. W. Junk N.V., Publishers, The Hague, Netherlands.
- Brennema, J., Camargo, M., Wright, A. C. S.** 1962. Regional contrast in South American soil formation in relation to soil classification and soil fertility. Int. Soil Conf. New Zealand, 493-506.
- FAO-UNESCO** 1971. Soil Map of the World (1:5.000.000). Volume IV South America. Unesco, Paris, France.
- Jenny, H.** 1950. Causes of high N and organic matter content of certain tropical forest soils. Soil Science 69:63-69.
- Pavageau, M.** 1952. Estudo comparativo de alguns solos típicos do planalto central brasileiro. Rev. bras. geog., 14:127-180.

CLASIFICACION DE LOS SUELOS DEL PROYECTO  
SAN JUAN DE BUENA VISTA - INGENIO OZAMA

Rafael Alberty \*

PROLOGO

Este estudio se llevó a cabo con la finalidad de conocer el comportamiento físico y químico de estos suelos, así como también para determinar su capacidad productiva y poder iniciar una investigación exhaustiva de fertilidad y manejo de los mismos.

Inicialmente se hicieron perfiles a distancia de doscientos metros pero a medida que se avanzaba en el trabajo, se pudo comprobar lo innecesario de tantos perfiles para establecer el perfil modal (representativo) por cada tipo de suelo, utilizándose luego solo el barreno para determinar las variaciones de tipo de suelos y hacer perfiles solo en aquellos casos donde existieran variaciones.

Se tomaron dos muestras de cada horizonte en cada uno de los perfiles, una para análisis químico y la otra para la determinación de la densidad aparente.

Se tomaron seis micromonolitos por cada tipo de suelo encontrado, excluyendo la serie Jalonga donde sólo se tomó un micromonolito debido a la poca extensión de esta serie en esta región y a la dificultad en la toma de las muestras.

Este estudio se llevó a cabo a nivel semi-detallado. Para el levantamiento de los mapas de suelos se usaron un mapa topográfico y mapas aereofotográficos a una escala aproximada de 1:20,000.

---

\* División de Suelos, Consejo Estatal del Azúcar, Santo Domingo.

## INTRODUCCION

Los suelos de San Juan de Buena Vista son de baja fertilidad, pero algunos de ellos tienen un alto potencial agrícola por sus buenas condiciones físicas. Su principal limitación lo es su mal drenaje tanto interno como externo, debido a las condiciones topográficas imperantes en esta región y a la presencia de arcillas muy plásticas en sus horizontes inferiores. Estos son suelos poco profundos formados a expensas de arcillas ácidas redepositadas en condiciones de lagunas sobre materiales calcáreos más antiguos los cuales no han intervenido para nada en su formación geológica. Debido a su textura ligera son predispuestos fácilmente a la erosión.

Estos suelos ocupan un área muy extensa de sabanas y por consiguiente, su principal uso agrícola es el de pastos; hasta el presente han sido usados para potreros y corrales, aunque ya se han comenzado a usar para el cultivo de la caña de azúcar, de la que se pueden obtener rendimientos satisfactorios, siempre y cuando sean sometidos a acondicionamientos y técnicas modernas.

## DESCRIPCION GENERAL

La región de San Juan de Buena Vista se encuentra ubicada en la Llanura Costera del Caribe y delimitada por los terrenos de aluviones del río Ozama al Sur, al Norte por una propiedad particular, al Este por D.C. No. 3 del Municipio de Monte Plata y al Oeste por el D.C. No. 18 del mismo Municipio.

En general, el Proyecto de San Juan de Buena Vista está formado por suelos de topografía que varía de muy llana, aproximadamente 80% de la superficie total a ondulada, llegando a alcanzar su máxima inclinación, más de 8%, en parte de la zona Este del Proyecto y un mínimo de 0.5% en la parte Norte y Oeste. Los suelos que forman esta región tienen un drenaje deficiente que no permite la evacuación de las aguas, dando lugar a la

formación de grandes pozos en la superficie que perduran por más de una semana (promedio) después de una fuerte lluvia; ésto trae como consecuencia la limitación de estos suelos para la mayoría de los cultivos, al menos que no se haga un buen sistema de drenajes.

Este proyecto ocupa una área de clima húmedo-cálido el que ha dado lugar a una vegetación bosques húmedos subtropicales, con una evapotranspiración de 20% menor que la precipitación media anual, la cual es de 1400 mm a 2,000 mm, distribuida irregularmente con una estación definitivamente seca; la vegetación natural es arborea de crecimiento moderado (2) encontrándose hierbas y pajón (*Andropogon spp*) en toda la superficie. El suministro de agua es deficiente, sólo dos arroyos de muy bajo caudal se encuentran en el proyecto (Yautía y Antonio Rosita). El río Ozama se encuentra bastante retirado. El rendimiento de las aguas subterráneas es moderado pero hace posible el riego complementario por medio de pozos tubulares.

#### AGRICULTURA

El Proyecto de San Juan de Buena Vista comprende un área total de 2350.0 hectáreas, de éstas 1300 hectáreas han sido sembradas de caña de azúcar, 210.0 hectáreas están siendo preparadas para los mismos fines y las 840.0 hectáreas restantes todavía están bajo su explotación original. Estas tierras estaban anteriormente dedicadas a corrales y potreros, siendo los pastos predominantes: Pangola (*Digitaria decumbens*) y Guinea (*Panicum maximum*), infestados con abundantes malezas de las cuales la más importante es el pajón (*Andropogon*). Se podían encontrar además árboles y arbustos.

Estos suelos caen dentro de la Capacidad Productiva V, lo que nos indica que los mismos deben ser usados para el cultivo de pastos, y en honrosas excepciones para arroz (*Oriza sativa*). Los rendimientos, tanto en arroz como en pastos, suelen ser de moderados a bajos debido a la baja fertilidad

34  
inherente de los suelos (2).

### MORFOLOGIA Y GENESIS DE LOS SUELOS

El material original de estos suelos es arcillas ácidas derivadas de un material sedimentario del período cuaternario, que fueron depositadas en forma de laguna sobre un material calcáreo que no ha intervenido en lo absoluto en la formación de estos suelos.

Dentro de los factores que intervienen en la formación de los suelos los más notables son: la influencia del clima, la vegetación y el material parental. Esto es así porque estos suelos se encuentran en una formación geomorfológica de valles y terrazas en los que es palpable la acción del clima en la formación del relieve y la vegetación predominante. El material parental ha contribuido a la acumulación de arcillas ácidas, las que han dado lugar a la acidez natural predominante.

El tipo de vegetación (arborea) nos dice también que estos suelos son ácidos ya que los árboles absorben menos bases que las gramíneas y por consiguiente su materia orgánica retorna menos bases al suelo que estas últimas, produciendo una acumulación de residuos ácidos (3); pero probablemente esta acidez se haya corregido un poco debido a la siembra de hierbas para el pastoreo por un tiempo bastante largo.

En las partes más altas de las formaciones topográficas de esta región la superficie del suelo ha adquirido un color marrón claro casi rojo, esto probablemente se deba a la oxidación lenta del hierro. En las partes más llanas la superficie del suelo es de un color que varía del negro grisáceo al marrón oscuro. Interiormente el suelo varía de un color gris claro al amarillo rojizo con varias moteaduras de rojo amarillo y gris.

Estos suelos son menos diferenciados y menos profundos en la parte más alta debido a la muy baja percolación del agua (4-8 cm en 15 minutos ) a través de ellos, comparados con aquellos situados en la parte más llana de la zona, los cuales son un poco más profundos, la erosión tiene mucho que ver con este fenómeno. El drenaje externo es muy deficiente debido a la posición topográfica, la que es bastante llana en su mayor extensión y por consiguiente no ayuda a la escorrentía de las aguas, dando lugar al encharcamiento de las mismas sobre la superficie del suelo. El drenaje interno es también deficiente por la presencia de arcillas plásticas que se compactan fácilmente formando una capa dura o costra, casi impermeable. Las aguas que se infiltran lentamente en el suelo no logran penetrar profundamente y fluyen lateralmente y hacia arriba.

La textura de estos suelos varía de franco arenoso fino, franco arcillo limosa a arcillosa, predominando más la franco arenosa fina en la superficie y la arcillosa en el subsuelo; ésto trae como consecuencia la predisposición de estos suelos a la erosión superficial, la cual no es tan violenta debido a su formación topográfica.

La gran mayoría de estos suelos presentan concreciones de hierro y manganeso, siendo más predominante las de hierro. Estas concreciones forman hasta un 10% del terreno en algunas zonas y varían de muy pequeñas a muy grandes, formando los llamados perdigones, los cuales se encuentran distribuidos cerca de la superficie del suelo, y algunas veces se hayan también a más de 30 cm. de profundidad en el perfil; estas sufren transformaciones de color que van desde el amarillento rojizo a rojas, lo que probablemente signifique un proceso de oxidación más avanzado en estas últimas; generalmente

las más rojizas están localizadas en la parte más superficial del suelo.

En la mayor parte del terreno, el suelo presenta en la superficie una estructura granular moderadamente desarrollada, de tamaño fino y débilmente cementada; la consistencia es muy variable, yendo de friable a muy friable; es de suponerse que el pajón con sus raíces fibrosas es la causa de este fenómeno. La estructura del subsuelo va de bloques a bloques subangulares variando de débilmente desarrollada a fuertemente desarrollada y de fino a muy grueso; la consistencia varía de firme a extremadamente firme.

Estos suelos presentan una gran acumulación de arcilla en el horizonte  $B_1$ , aumentando con la profundidad hasta alcanzar el horizonte  $B_2$ . El horizonte C contiene menos arcilla que el o los horizontes B.

#### CLASIFICACION DE LOS SUELOS

En San Juan de Buena Vista hay cuatro tipos de suelos; tres de ellos se encuentran intermezclados con mucha frecuencia, lo que hace difícil su delimitación y clasificación; además de encontrarse entermezclados éstos poseen características muy similares; los mismos se han originado del mismo material parental y guardan una relación estrecha topográficamente. Para fines de clasificación han sido agrupados en la Asociación Pimentel-Cotuf-Pantino(2). El cuarto tipo de suelo se ha desarrollado a partir de un material calcáreo de caliche blanco-amarillento y un poco blando; este se encuentra en zonas muy pequeñas, delimitado por una topografía bastante ondulada algunas veces termina formando depresiones. Creemos que este tipo de suelo pertenece a la Serie Jalonga (1, 2), pero no podemos precisarlo hasta tener los resultados de laboratorio y hacer una investigación más detallada.

#### MORFOLOGIA DE LOS SUELOS POR SERIES

Todas las series de suelos que aparecen en la región de San Juan de Buena Vista son muy similares en cuanto a sus características físicas

morfológicas; todas tienen un drenaje deficiente y una fertilidad muy baja. La Serie Fantino goza de un potencial de fertilidad más elevado, tiene mejores condiciones físicas y más alto contenido de materia orgánica.

#### Serie Pimentel:

Estos suelos ocupan parte de la zona llana y la zona ondulada; se caracterizan por la presencia de concreciones de hierro y manganeso de tamaño y forma variables en las capas subyacentes, los cuales son redondeadas en forma de perdigones, cuando se encuentran dispersas, y cuando se cementan entre sí adquieren tamaño más grande. Por lo general la textura es un poco variable en la superficie, siendo mucho más predominante la franco arcilloso.

La estructura es en bloques subangulares a través de todo el perfil. A partir de los 40 cm. de profundidad hay compactaciones de arcilla formando-se una capa dura impermeable (claypan).

#### Serie Cotuí

Los suelos de esta serie predominan más en la parte llana de esta región. Tienen una capa subyacente de textura franco arcilloso y de un color blanquecino; esta capa se compacta fuertemente impidiendo la percolación del agua a través de ella; la superficie del suelo es de un color gris oscuro, de textura franco arcilloso arenoso; no tiene concreciones, pero sí algunas moteaduras amarillentas a partir de los 25 cm. de profundidad, lo que indica su mal drenaje interno. La estructura es granular en la superficie y bloques subangulares en el subsuelo.

#### Serie Fantino

La extensión ocupada por esta serie es pequeña. Se caracterizan por la no existencia de la capa dura que predomina en las series Pimentel y Cotuí. Su drenaje interno y externo difiere del de estas dos Series.

La estructura de la superficie es granular, moderadamente desarrollada, y la del subsuelo es en bloques subangulares fuértemente desarrollada, con moteaduras de rojo y grís.

**Serie Jalonga:**

Se encuentra en muy poca extensión en esta Región. Tiene una textura arcillosa en la superficie, con un color negro oscuro y con una estructura de bloques subangulares en la superficie. El subsuelo está formado por un material calichoso que se compacta pedregosamente a medida que se profundiza en el perfil; el drenaje es lento en la superficie y moderadamente bueno en el interior. Estos suelos son poco diferenciados y se han desarrollado a partir de materiales calcáreos.

DESCRIPCION DEL PERFIL MODAL DE CADA SERIE

Se hicieron un total de 28 perfiles y se estudiaron con el propósito de determinar el perfil modal (representativo) de cada una de las series encontradas. A continuación se describen los perfiles modales de cada serie:

Serie Pimentel

<u>Horizonte</u>	<u>Profundidd</u>	<u>Descripción</u>
AP	0-15 cm	Franco arcilloso de color marrón oscuro (10YR3/2, húmedo) con estructura en bloques subangulares débilmente desarrollado y fino. Consistencia muy friable débilmente cementada. Presencia de algunas concreciones .
A <sub>2</sub>	15-35 cm	Franco arcilloso de color grís oscuro (10YR4/1, húmedo), estructura bloques subangulares débilmente desarrollada y fino; consistencia friable. presencia de concreciones de hierro y manganeso de tamaño pequeño.

<u>Horizonte</u>	<u>Profundidad</u>	<u>Descripción</u>
B <sub>1t</sub>	25-35 cm	Arcilloso de color marrón morado (7.5YR5/2, húmedo) y marrón muy claro (7.5YR5/4, húmedo) con mucha moteaduras, estructura en bloques subangulares moderadamente desarrollado y fino; consistencia firme. No concreciones.
B <sub>2t</sub>	35-55 cm	Arcilloso color verde olivo claro (2.5YR5/4, húmedo) y rojo claro (5YR5/8); estructura bloques subangulares moderadamente desarrollado y mediano; consistencia firme. No concreciones.

<u>Serie Fantino</u>		
<u>Horizonte</u>	<u>Profundidad</u>	<u>Descripción</u>
Ap	0-25 cm	Franco arenoso fino de color marrón oscuro (10YR3/3); sin moteadura; con estructura granular fino, consistencia firme; no concreciones
B <sub>2-1t</sub>	25-45 cm.	Arcilloso de color amarillento oscuro casi marrón (10YR5/6), y rojo un poco oscuro 2.5YR5/6) con moteaduras prominentes; estructura bloques subangulares fuértemente desarrollada y grueso; consistencia muy firme. No concreciones
B <sub>2-2t</sub>	45-80 cm	Arcilloso de color rojo un poco oscuro (2.5YR5/6) y gris muy claro, casi blanco (5Y7/2); sin moteaduras; estructura en bloques subangulares fuértemente desarrollada y muy grueso; consistencia un poco firme. No concreciones.

Serie Cotui

<u>Horizonte</u>	<u>Profundidad</u>	<u>Descripción</u>
Ap	0-20 cm	Francisco arcilloso arenoso de color negro oscuro (10YR2/1, húmedo); sin moteaduras, con estructura en bloques subangulares moderadamente desarrollada y de tamaño mediano; consistencia firme, débilmente cementada; presencia de concreciones negras y blancas
B <sub>2-1t</sub>	20-35 cm	Arenoso fino de color gris muy claro, casi blanco (5Y7/2), húmedo); sin moteaduras, con estructura granular débilmente desarrollada y mediano; consistencia suelta, débilmente cementada. No concreciones.
B <sub>2-2t</sub>	35-50 cm	Arenoso de color marrón muy claro (10YR5/4, húmedo); con moteaduras comunes. Estructura bloques subangulares fuertemente desarrollada y grueso; consistencia muy firme, fuertemente cementada. No concreciones.
B <sub>2-3t</sub>	50-80 cm	Arcilloso de color gris muy claro (5Y7/1, húmedo); marrón muy claro (10YR5/4) y rojo un poco oscuro (10YR3/6); sin moteaduras; estructura bloques subangulares fuertemente desarrollada y de tamaño grueso; consistencia no muy firme, fuertemente cementada. No concreciones.

Serie Jalonga

<u>Horizonte</u>	<u>Profundidad</u>	<u>Descripción</u>
Ap	0-10 cm	Arcilloso de color negro muy oscuro (10YR2/1, húmedo); sin moteaduras; estructura en bloques subangulares fuértemente desarrollada y de tamaño fino; consistencia firme, fuértemente cementada. No concreciones.
B <sub>3</sub>	10-15 cm	Calichoso de color grís muy oscuro (10YR4/1, húmedo) y amarillento blancuzco (2.5YR 8/4); sin moteaduras; estructura en bloques subangulares fuértemente desarrollada y de tamaño mediano; consistencia firme, fuértemente cementada.
C <sub>1</sub>	15-25 cm	Calichoso de color marrón muy oscuro (10YR3/2, húmedo); sin moteaduras; estructura en bloques subangulares moderadamente desarrollada y de tamaño mediano; consistencia firme fuértemente cementada.
C <sub>2</sub>	25-90 cm	Calichoso de color amarillento blancuzco (2.5YR8/4, húmedo); sin moteaduras; estructura bloques angulares fuértemente desarrollada y de tamaño muy grueso; consistencia muy firme demasiado cementada.

Cuadro Representativo del Area Total del Proyecto de San Juan de Buena Vista en Hectárea y Porcentajes Ocupado por cada Serie. Las áreas fueron determinadas planimétricamente

<u>Serie</u>	<u>Hectáreas</u>	<u>% del area Total</u>
Pimentel	705.56	46.68
Cotuí	530.91	35.11
Fantino	251.96	16.67
Jalonga	23.29	1.54

### CONCLUSIONES

Vista la finalidad para la cual se llevó a cabo este estudio, se llegó a la conclusión de que los suelos de San Juan de Buena Vista:

1. Tienen un pobre drenaje interno y externo el que contribuye a que se inunden con facilidad. Se requiere medidas adecuadas y drásticas de drenaje para aumentar la aereación y percolación de estos suelos.
2. Son de baja fertilidad, lo cual hace necesaria medidas de fertilización.
3. Son de baja capacidad productiva, siendo aptos para pastos y regulares para el cultivo del arroz; este último cultivo puede dar buenos rendimientos siempre que se apliquen medidas de fertilidad adecuadas.
4. Tienen un nivel freático no muy profundo (40 cms. en promedio), se requiere de medidas prácticas para bajar dicho nivel a una profundidad que permita la infiltración de las aguas que se acumulan en los horizontes interiores del suelo.
5. Son moderadamente resistentes a la erosión eólica e hídrica
6. Son poco profundos
7. Son moderados en el suministro de aguas subterráneas, con lo que se consiguen pozos tubulares de rendimientos moderados.

CLASSIFICATION OF THE SOILS OF A SUGAR CANE PROJECT  
LOCATED ON THE CARIBBEAN COASTAL PLAIN OF  
THE DOMINICAN REPUBLIC

ENGLISH SUMMARY

The area under study is located on the Caribbean Coastal Plain about 40 kilometers southeast of Santo Domingo, D. N., Dominican Republic, 10 kilometers from Monte Plata.

General Description

Eighty (80) percent of the total area has a 0-1% slope and the other 20% less than 8% slope. The soil has poor internal and external drainage which is the main limitation for these soils to go into crop production.

The general climate is hot-humid and the ecology is humid-sub-tropical forest in transition to dry-sub-tropical forest.

The average annual rainfall is 1,400 -2000 mm. with an evapo-transpiration potential 20% less than the total rainfall. It has a severe dry season that usually goes from the middle of January to mid April. There is a moderate amount of underground water that makes it possible for supplementary irrigation.

Agriculture

The main agricultural activity of the area used to be unimproved pasture, and this is still the case for most of the region. The most abundant pasture species are pangolagrass (*digitaria decumbers*) and guines grass (*panicum maximum*).

One of the main characteristics is the presence of weeds being *andropogon psidium*, *cisperus* and *ischaemum* the most common genus.

Most of the soil belongs to capability class V which indicates they

are not good for crops needing much tillage. Rice has been grown with low to moderate yield.

#### Genesis and Morphology of the Soils

The parent material of these soils is acid clays coming from residual material of the cuaternary period deposited over calcerous material.

Due to the geomorphological position of the soil in valleys and terraces, the three most important soil forming factors are: climate, vegetation and parent material. The parent material has contributed to the accumulation of acid clays which have determined the low pH of the soils of the area.

The soils have a light brown color in the highest topographic formation, this is perhaps due to the fact that iron has been oxidized. The soil surface is greyish black to dark brown in the plain areas. As depth increases the soil color tends to be grey, red brown with red, yellow and grey spots.

The same soils are less mature in the highland due to the lack of clay movement. The external drainage is poor due to the topographic position which is plain most of the time. The internal drainage is also poor due to the presence of plastic easily compactable clay.

The soil texture varies from sandy loam to clay; being sandy loam on the surface and clay in the lower horizons.

Iron and manganese concretions are usually found in these soils; these concretions reach up to 10% of the soil.

The surface soil structure is granular while it goes from sub-angular to angular blocks as the depth increases; they have a friable to very friable consistency on the surface to firm to extremely firm on the lower horizons.

Most of the soils have an argillic horizon, this clay accumulation increases as we go from horizon B<sub>1</sub> to B<sub>2</sub> and decreases as we get to C horizon.

#### Soil Classification

There are four different soil series in San Juan de Beuna Vista. They are Fantino, Cotui, Pimentel and Jplonga, the first three have very similar characteristics and are found mixed with each which makes its classification and delimitation quite difficult. The first three series have been grouped into a soil association known as Pimentel-Cotui-Fantino. Pimentel is the most abundant of all the series with 46.68% of the total area; Cotui covers 35.11%, Fantino 16.67 %, and Jalong 1.54%.

### MORPHOLOGY OF THE SOIL BY SERIES

#### Pimentel

These soils are located in the flat area as well as the slopy areas. Bullet like iron and manganese concretions are found throughout the profile, they differ in size and shape. The soil texture goes from clay loam to sandy loam on the surface. Clay loam is the most common. It has a sub-angular structure all the way down the profile. A clay pan is found at 40 cm.

#### Cotui

It is found in the flat areas of the region. The soils have a whitish clay loam horizon that hardens forming a clay pan. It has a poor drainage as indicated by grey color on the surface, yellow color at 25 cm deep, silty sand loam texture, granular structure on the surface, and clay texture and sub-angular blocky structure in deeper horizons. No iron or manganese toxicity.

Fantino

No hardpan. It has a better internal drainage. It has granular structure on the surface and sub-angular blocky as we go down the profile; red stains appear on the aggregates which indicates better drainage.

Jalonga

It covers a very small area of San Juan de Buena Vista (1.54%). It has a clay texture on the surface over a caliche like material that is compacted; moderate internal drainage. Dark color on well developed sub-angular blocky structure.

The descriptions of a profile of each series can be found in the original paper in Spanish.

Summarizing we can say that:

(a) These soils have poor drainage, low fertility, low productivity being good for pasture, they have a high water table (0.4 m deep); they have moderate erosion hazards.

REFERENCIAS

1. Anónimo, Reconocimiento y Evaluación de los Recursos Naturales de la República Dominicana, Washington, D.C., Ed. OEA, 1967.
2. Aughtry, J. D., 1964, Reporte Sobre Clasificación de los Suelos del Consejo Estatal del Azúcar.
3. Thompson, L. M., 1965, El Suelo y su Fertilidad, 3ra. Edición, pp. 116-121.

ALGUNAS CONSIDERACIONES SOBRE LA FERTILIDAD DE TRES SUELOS  
DE SABANA DE LA REPUBLICA DOMINICANA

F.H. Redman \*

INTRODUCCION

Este trabajo versa sobre la fertilidad de algunos suelos de sabana de la República Dominicana. Estos suelos pertenecen a tres series de suelos: Fantino, Pimentel y Cotuí en el área de San Juan de Buena Vista, 40 kilómetros al sureste de Santo Domingo, donde recientemente Consejo Estatal del Azúcar (CEA) ha fomentado unos cañaverales.

Los resultados que aparecen aquí (ver tabla anexa) son promedios de varias determinaciones de muestras tomadas hasta una profundidad de 20 centímetros.

DISCUSION

Reacción del suelo (pH)

El pH es una propiedad muy importante del suelo. La mayoría de los cultivos crecen mejor en aquellos suelos cuyo pH es cercano a 6.8, aunque en los trópicos las plantas han evolucionado de tal forma que toleran valores que se apartan notablemente del valor anterior. Los valores de pH para las tres series son muy fuértemente ácidos, lo cual es un síntoma de algún desorden en la condición química de estos suelos. La reacción del suelo o pH, es un factor limitante para la producción de cosechas. Hace

---

\*

Encargado Estacion Experimental "Duquesa", Consejo Estatal del Azúcar (CEA), Santo Domingo, Republica Dominicana.

TABLA UNICA

ALGUNAS PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DE TRES SUELOS  
DE SABANA DE LA REPUBLICA DOMINICANA

SERIE	Por Ciento			TEXTURA	pH	M. Eq. / 100 g.				Por Ciento			Partes por millón			
	Arena	Limo	Arcilla			H	Ca	Mg	K	CIC	Sat. Base	Mat. Org.	Al	Fe	Mn	P
FANTINO	33	27	40	Franco Arcilloso	4.50	7.7	2.56	0.79	0.10	11.47	32	3.5	>100	6	40	"Rastro"
PIMENTEL	41	30	29	"	4.50	4.6	2.00	0.56	0.07	7.39	38	2.5	95	2	18	"
COTUI	39	22	39	"	4.65	5.4	2.05	0.32	0.04	7.99	34	1.6	100	1	2	"

tiempo que se reconoce que suelos que tienen valores de pH muy ácidos (menos de pH 5.0) son generalmente menos productivos que suelos con valores más cerca del punto neutral (pH 7.0). Se ha demostrado que si hay nutrientes adecuados, la mayoría de las plantas pueden tolerar fluctuaciones de pH entre 4.0 y 8.0. Solamente cuando el pH baja de 3.0 o sube sobre 9.0 son afectadas las plantas adversamente, dado el caso que no hubiesen limitaciones en nutrientes. Esto significa que en caso de extrema acidez el crecimiento de las plantas puede ser limitado por este factor en sí mismo. Pero aún más importante, el pH tiene su mayor influencia sobre la disponibilidad de otros elementos nutritivos. El nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, calcio y magnesio se hacen menos disponibles en suelos ácidos mientras que el hierro, manganeso, cobre, boro y zinc se hacen más disponibles. La disponibilidad de estos elementos puede aumentar a tal grado que causan efectos tóxicos sobre las plantas.

#### Hidrógeno

La acidez activa de un suelo, medida por el pH, no es una representación verdadera del contenido total de iones de hidrógeno en el complejo de intercambio, solamente el hidrógeno actualmente en forma ionizada, se mide mediante una prueba de pH. Hay aún muchos más iones de hidrógeno adsorbidos en la parte coloidal del suelo. Este hidrógeno, junto con el aluminio son los cationes intercambiables predominantes en suelos ácidos. Esto quiere decir que la acidez del suelo es un fenómeno de intercambio de cationes. Ya que el contenido de hidrógeno intercambiable no puede considerarse muy alto en estos suelos, es de suponerse que la acidez de estos suelos proviene del aluminio trivalente presente ( $Al^{+++}$ ).

### Aluminio

El contenido de aluminio intercambiable de estos tres suelos es muy alto. Un factor limitante en suelos muy ácidos puede ser la deficiencia de nutrientes. Sin embargo, altas concentraciones de aluminio pueden afectar adversamente el crecimiento de las plantas. Generalmente se cree que altas concentraciones de aluminio tienen un efecto más tóxico en el crecimiento de las plantas que altas concentraciones de hidrógeno. En Trinidad el Profesor Hardy hizo un estudio extenso con énfasis sobre la acidez de suelos tropicales. Él señaló que cuando hay una deficiencia de nutrientes básicos fácilmente solubles la solución del suelo puede contener apreciables cantidades de aluminio. Cuando esta concentración alcanza un nivel crítico los suelos se tornan infértiles debido a la toxicidad del aluminio. La combinación de alta acidez y alto contenido de aluminio, en estos suelos de sabana, nos presenta la probabilidad de que el aluminio puede tener un efecto limitante sobre la producción de cultivos.

Respecto al mecanismo de toxicidad del aluminio debe señalarse que hay poca información sobre este particular. Hay estudios que informan que sales de aluminio producen una plasmólisis del protoplasma sin considerable contracción. En relación a esto, se ha demostrado que altas aplicaciones de fosfatos a suelos con considerables cantidades de aluminio producen efectos beneficiosos debido a un efecto fisiológico antagonístico entre estas iones.

### Manganeso

Cuando el pH del suelo es muy ácido las plantas también pueden sufrir de toxicidad por exceso de manganeso. Es muy difícil separar los efectos

del aluminio y manganeso que originan, casi siempre, clorosis y necrosis muy irregulares. Los niveles de manganeso, que aquí varían entre 2 y 40 ppm, como promedio, no son de considerarse muy altos, y por lo tanto, podemos descartar que este elemento sea tóxico o limitante aquí.

#### Hierro

Los contenidos de hierro en estos suelos no deben presentar problemas algunos. Teóricamente cuando hay un exceso de manganeso en relación a hierro se puede presentar una deficiencia de hierro. Esto puede suceder cuando la proporción de manganeso a hierro es mayor de 15. Estos suelos de sabana se caracterizan por concreciones de hierro en forma de perdigones.

#### Calcio.

Los contenidos de calcio intercambiable de estos suelos deben considerarse bajos. Esto es de esperarse ya que suelos ácidos son casi siempre muy pobres en calcio. Lo ideal sería que un suelo, en el total de su complejo de intercambio, tuviera aproximadamente un 70% de calcio. La importancia de calcio en la producción de cultivos no es solamente su efecto como nutriente para las plantas, sino también sus efectos sobre las propiedades físicas del suelo como medio de cultivo.

#### Magnesio

Los contenidos de magnesio en estos suelos son bajos, pues consideramos que existe una deficiencia de magnesio cuando un suelo tiene menos de un 10% de Mg en el total de su complejo de intercambio. Uno de los problemas que enfrentamos al aumentar la producción de suelos ácidos, bajos en magnesio, mediante la aplicación de cal y abono potásico, es que sujetamos al magnesio creando una deficiencia de este elemento. En los trópicos esto

ocurre con frecuencia. Las deficiencias de magnesio en estos casos mejor deben remediarse haciendo pequeñas aplicaciones de dolomita (50-100 Kg./Ha) anualmente en vez de elevadas aplicaciones de cal.

### Potasio

La medida del potasio cambiante puede emplearse para relacionar la cantidad de este elemento asimilable que contienen los suelos. Al interpretar estos valores consideramos que hay una enorme deficiencia de potasio disponible, aunque sabemos que las plantas, en su mayoría, pueden extraer potasa de otras formas menos asimilables. Esta enorme deficiencia de potasio indudablemente es un factor que limitaría significativamente el desarrollo normal de cualquier cultivo, y en especial el de la caña de azúcar que requiere grandes cantidades de este elemento.

### Capacidad de Intercambio de Cationes

La capacidad de intercambio de cationes es un índice de la fertilidad inherente del suelo. Generalmente, mientras mayor sea esta capacidad más fértil se supone que es el suelo. La capacidad de intercambio de cationes no debe considerarse una constante pues la materia orgánica contribuye al complejo de intercambio. Estos suelos tienen una capacidad de intercambio de cationes muy baja y, consecuentemente, deben ser señalados como de baja fertilidad. La serie Fantino es la que tiene una capacidad de intercambio de cationes más elevada, lo cual tiene su explicación en su más elevado contenido de materia orgánica.

### Porcentaje Saturación de Bases.

El porcentaje de saturación de bases es bajo como es de esperarse, debido a que la concentración de hidrógeno no es muy elevada, es de esperarse que el porcentaje de saturación de aluminio sea bastante elevado.

### Fosfato

Luego del nitrógeno y el potasio, el fósforo es el tercer elemento de importancia en suelos tropicales. Generalmente no se puede determinar con exactitud la disponibilidad de fosfatos en suelos, pues esto depende de la extensión del sistema radicular del cultivo y la capacidad de las raíces para utilizar fosfatos menos disponibles. Afortunadamente, los cultivos tropicales demandan menos fósforo porque a través de la evolución estos se han desarrollado en suelos con poco fósforo. Sin embargo, no cabe duda que los simples "rastros" de fósforo disponibles en estos suelos de sabana definitivamente indican que la nutrición de fósforo es un factor de suma importancia aquí. En suelos ácidos los iones de fosfato son muy disponibles debido a que estos suelos contienen formas reactivas de aluminio y hierro que combinan con iones de  $H_2PO_4^-$  en solución para dar complejos fosfatos de aluminio y hierro. Estos complejos son muy insolubles particularmente si son deshidratados, lo cual es de importancia en climas tropicales con una pronunciada época de sequía.

Una característica de los suelos tropicales es su alta capacidad para fijar el fósforo aplicado en forma de abono. Dentro de 24 horas la mayoría de los suelos tropicales fijan 95-98% del fósforo aplicado. Es improbable que el 10% del fosfato aplicado se recupere por el cultivo. En estos suelos ácidos de sabana es importante mejorar la eficacia de fertilización fosfática, por lo cual se recomienda aplicar el fosfato en bandas debajo de la superficie y utilizar piedra fosfática que libera el fosfato lentamente.

### Materia Orgánica

El contenido de materia orgánica, que muchos consideran un índice de

fertilidad, no es muy alto en estos suelos de sabana, con la posible excepción del suelo de la serie Pantino. La materia orgánica juega una función importantísima en los suelos. Ciertas sustancias que contiene la materia orgánica o que produce durante su descomposición, son efectivas en promover una estructura deseable en los suelos. En adición, la materia orgánica es la fuente principal de muchos de los nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas; tales como nitrógeno, fósforo, potasio y azufre.

Cuando la materia orgánica se descompone mediante la acción microbiana, se forman ácidos orgánicos. Estos ácidos orgánicos forman compuestos complejos y estables con el hierro y el aluminio del suelo. Es un asunto de competencia. Los fosfatos se quieren unir con el hierro y el aluminio. Los ácidos orgánicos también quieren unirse al hierro y al aluminio, los ácidos orgánicos reaccionan primero, dejando los fosfatos libres para ser asimilado por las plantas.

#### Encalamiento

El propósito de encalar suelos es aumentar el pH. La acción general sigue la ecuación fundamental:  $2H\text{-Arcilla} + CaCO_3 \longrightarrow Ca\text{-arcilla} + CO_2 + H_2O$ . El hidrógeno en el complejo de intercambio es reemplazado por el calcio. También se encala para corregir altos niveles de aluminio y manganeso solubles que causan toxicidad a los cultivos. Muchos de los resultados de encalamiento en los trópicos han sido poco satisfactorios. En efecto, se han obtenido resultados desastrosos por encalar suelos tropicales con el fin de mejorar la disponibilidad del fósforo, especialmente suelos con poca capacidad de intercambio de cationes, como son estos suelos de sabana. Como resultado de aplicar un exceso de cal se pueden fácilmente inducir deficiencias de potasio, magnesio y elementos menores. Esto significa que el encalamiento de suelos de este tipo debe realizarse acompañado de fertilizantes.

GENERAL CONSIDERATION ABOUT THE FERTILITY  
OF THREE SOIL SERIES FROM SAVANNA AREA OF  
THE DOMINICAN REPUBLIC

ENGLISH SUMMARY

The three series under study are Pimentel, Cotui and Pantino. Samples for chemical analysis were taken in the areas of San Juan de Beuna Vista located about 40 km. southeast of Santo Domingo, Dominican Republic. The general chemical characteristics of these soils are:

Soil Reaction (pH).

The pH of these three soil series is very low ranging from 4.50 to 4.65 which is considered to be strongly acid. This indicates a soil chemical disturbance which will limit crop production. It is to be expected that toxic levels of aluminum and manganese will be found.

Hydrogen

Hydrogen and aluminum are the predominant cations on acid soils. The hydrogen content is not very high which indicates that most of the acidity comes from the trivalent aluminum ion.

Aluminum

The exchangeable aluminum content of these soils is very high. Hardy from Trinidad points out that tropical acid soils different in basic elements contain large amounts of aluminum that make those soils unproductive due to aluminum toxicity. The high aluminum content and high acidity indicate the low fertility of these soils.

Manganese

The manganese content goes from 2 to 40 ppm which is not high enough to cause plant toxicity.

### Iron

There is no problem with iron because the ratio of manganese to iron is less than 15. Bullet like iron concretions can be found in most of the soils.

### Calcium

These soils have very low exchangeable calcium content as is to be expected.

### Magnesium

As in the case of calcium, magnesium levels are low, it is less than 10% of the total cation exchange of these soils. This deficiency might increase if lime and potash fertilizers are applied because of the antagonistic effect of calcium and potassium in magnesium absorption.

### Cation Exchange Capacity

The cation exchange capacity of these soils is low. It is expected because of the low organic matter content and the type of clay found in these soils. The series Pantino for the highest CEC may be because of the higher organic matter content.

### % Base Saturation

It can be considered normal for these types of soils, although it is low for crop production.

### Phosphates

The phosphate content is very low even for tropical crops that have adapted themselves to low phosphorus levels for their nutrition. It is to be expected that these low levels are mostly due to  $\text{PO}_4^{-3}$  fixation due to the presence of aluminum; it is also the most important reason for the low  $\text{PO}_4^{-3}$  recovered from fertilizer application.

### Organic Matter

The organic matter content of these soils is rather low, which indicates a deficiency in nutrient supply as well as in the chelation of toxic elements such as aluminum and copper which will favor the fixation of phosphorus.

### Liming

Liming though required in these soils has to be done carefully, it has to be the results of investigation. It is due to the low CEC, low magnesium content and low potassium content. Liming followed by complete fertilizers seems to be the best.

## EVALUATION DE LOS SUELOS DE SABANAS TROPICALES

Elemer Bornemisza \*

INTRODUCCION

Los suelos de sabanas componen una parte importante del territorio de Bolivia, Brazil, Colombia, Cuba, Honduras, República Dominicana, Trinidad y Venezuela. Por su reducida contribución a la agricultura de estos países es escasa la literatura sobre estos suelos y especialmente, sobre los aspectos de su análisis y evaluación para un uso agrícola racional. Como resultado de la gran extensión de estos suelos en Brazil, en este país es donde más se ha estudiado algunas formas de suelos de sabanas principalmente en "los campos cerrados". (19,26,27,28). En estas condiciones se observó que corrigiendo el alto contenido de aluminio intercambiable y las bajas concentraciones de nutrimentos vegetales, es posible obtener una producción agrícola satisfactoria en estos suelos, ya que los factores topográficos y ecológicos permiten la producción.

Debido a la gran variedad edáfica que caracteriza los suelos de sabana, es esencial su conocimiento adecuado antes de usarlos intensivamente. Solamente un buen programa de reconocimiento, análisis y experimentación basado en los factores anteriores, permitirá el aprovechamiento de estas tierras.

Es importante para estos suelos alcanzar por lo menos en forma aproximada, la meta sugerida por Hanway (2) para la experimentación de campo,

\*

---

Dirección Regional para la Zona Andina, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la Organización de Estados Americanos (IICA-OEA), Lima, Peru.

que debe consistir en una caracterización cuantitativa del sistema de producción agrícola completo correspondiente al lugar del estudio. Debe existir como consecuencia de la misma, una comprensión de las relaciones existentes entre las magnitudes observables de las características del sistema, como por ejemplo la cantidad de potasio intercambiable y las cosechas que se obtienen. Esto es particularmente crítico cuando se trata de poner bajo cultivo un sistema nuevo, donde la experiencia es muy limitada.

Otra razón para exigir una buena caracterización es el alto costo de los insumos, especialmente abonos, que se ha notado que se necesitan para desarrollar estas regiones. En Latinoamérica el costo de los insumos es, en general, apreciablemente más elevado que en Europa. Usando promedios para varios abonos y países, se calculó una diferencia de 72% más alto en los precios en Latinoamérica que en Europa (8).

Considerando que en condiciones de Latinoamérica el factor limitante es en general el capital, mientras que se dispone de mano de obra y de tierra en abundancia, es importante que se le utilice con eficiencia para lo cual es fundamental un conocimiento del ecosistema.

En condiciones latinoamericanas se ha visto la utilidad de programas de análisis de suelos (15), aun en casos en que la calibración de los métodos usados no ha sido completa. No cabe duda que los resultados analíticos son tanto más aprovechables cuanto más se ha hecho para su ordenamiento usando principios presentados, por ejemplo por Rouse (31). Es importante recordar también que si no existe una calibración, puede ocurrir que la correlación entre datos de laboratorio e invernadero y de campo sea muy reducida.

Evidentemente para tener recomendaciones valedaeras deben ser resueltos

dos grupos de problemas. En principio debemos saber como analizar estos suelos, lo que requiere conocimientos sobre las técnicas de extracción y de determinación de elementos.

Sin embargo, más complejo que la técnica analítica es la interpretación correcta de los resultados, que debe presentar un enfoque global de los factores que inciden en la producción, para lo cual Hanway indica cinco componentes (21):

1. Las plantas cultivadas
2. El suelo en uso
3. Los demás elementos vivos del ecosistema (malas hierbas, enfermedades, insectos, etc.)
4. La atmósfera y las condiciones climáticas
5. Las prácticas de cultivo usadas.

Con base en el conjunto global de estas condiciones se pueden diseñar los métodos de caracterización y evaluación que pueden servir de base para un uso racional de los suelos de sabanas tropicales.

## II. ANALISIS DE N,P, y K

Los nutrimentos N, P y K son la parte esencial de los abonos comerciales y la tendencia moderna es que los abonos contengan prácticamente la mayor concentración alcanzable de estos elementos. Esto es de especial importancia, considerando el alto costo de transporte de los abonos y ha llevado, especialmente en el caso del nitrógeno, al uso de compuestos de alta concentración como la urea y el nitrato amónico (8).

### A. Determinación de nitrógeno

Las respuesta a abonos nitrogenados es común en los suelos tropicales cultivados (8), aunque los suelos recién puestos bajo cultivo a veces no

responden a su aplicación (5).

La obtención de información confiable sobre el estado de N disponible en los suelos es difícil. Las técnicas de incubación son las más satisfactorias en este campo, pero por desgracia estos métodos son bastante laboriosos (32). Dentro de grupos de suelos relativamente homogéneos, la determinación de N total, incluyendo nitratos, puede dar resultados que se correlacionen bien con la cantidad del elemento absorbido por las plantas, según lo demostraron Tejada y Gozan (32). La práctica común es la recomendación de cantidades de nitrógeno, a base de experimentos de campo y sin considerar la concentración del elemento en el suelo. Este punto de vista se apoya en los resultados obtenidos con esta práctica, comúnmente positivos.

Considerando el gran número de variables que afectan los niveles de nitratos y de amonio en los suelos, existe una duda bien fundamentada de la utilidad de estas técnicas en suelos del trópico.

Resumiendo, se cree que las recomendaciones para el uso del N en programas de abonamiento se basan mejor en ensayo de campo que en pruebas de laboratorio. Para cultivos perennes puede resultar útil el estudio del N foliar tanto en su forma de N total como la determinación de algunas fracciones solubles del elemento.

Al hacer las recomendaciones de N, es de gran importancia la consideración de la variedad del cultivo que se va a sembrar. Para algunos cultivos la influencia de la variedad puede ser mayor que la de los factores edáficos en lo referente a su necesidad de nitrógeno (16).

#### B. Determinación de fósforo

El tópico más estudiado en la literatura de suelos latinoamericanos

es la determinación de fósforo disponible y sus fracciones en diferentes condiciones (4, 11, 29, 34). A pesar de la gran importancia del P orgánico en muchos suelos, existe relativamente poca literatura sobre esta fracción, cuya determinación presenta dificultades especiales en suelos altos en óxidos de hierro, una condición común en muchos suelos de sabanas, (11, 13, 17).

En la literatura de los últimos años han aparecido estudios bastante completos sobre la evaluación de diferentes métodos de extracción y determinación de fósforo (4, 29, 34).

Trabajando con una gran variedad de suelos de Centroamérica, incluyendo suelos de sabanas con drenajes bastante buenos debido a su topografía ondulada, se encontró que las correlaciones entre P detectado y P absorbido por tomates en el invernadero se puede representar en el siguiente orden: Egner-Riehm 0.947, Olsen 0.870, Bray  $P_1$  0.856, Mehlich 0.848 y Saunders 0.340. Se puede notar que todos los métodos excepto el de Saunders tienen una correlación alta, lo que explica la considerable variación de métodos en uso.

En condiciones de sabana en Bogota y usando trigo como planta indicadora, los resultados fueron diferentes y se encontró que las técnicas más correlacionadas fueron el Bray  $P_1$ , Troug y Bray  $P_2$  (29).

Un grupo que contribuyó apreciablemente a la difusión de buenas técnicas de análisis de P en adición a otros elementos, es el equipo del programa internacional de análisis de suelos de Carolina del Norte (14). Entre las contribuciones importantes del grupo se puede indicar la gran difusión que se ha dado a técnicas de calibración de métodos y especialmente en lo que a fósforo se refiere. El boletín No. 1 de este grupo es recomendable al iniciarse estudios de calibración.

Se ha ensayado también la medición del P disponible usando técnicas con marcadores radioactivos (10, 20). Se observó aquí que debido a que las condiciones estipuladas para determinar los valores "A" o "L", estas técnicas no son útiles en su forma original (10) para medir la cantidad de elementos disponibles.

Se puede concluir en lo referente a fósforo, exponiendo que existen las técnicas de extracción, determinación y calibración necesarias y por lo tanto sencillamente se trata de poner en práctica la información existente para tener recomendaciones adecuadas para cualquier sitio, una vez escogidas y calibradas las técnicas más adaptables.

### C. Determinación de Potasio

La determinación de K disponible es fácil ya que la cantidad intercambiable del elemento es con frecuencia idéntica a su disponibilidad inmediata (9). Para evaluar la necesidad vista a largo plazo, se necesita el uso de métodos más completos, como un fraccionamiento del potasio. La adición del elemento en general, resulta en respuestas positivas. En un trabajo sobre este tópico, Davidson no encontró correlación entre la cantidad de K fijada y las fracciones de minerales de arcilla individuales presentes en suelos de Honduras, pero la suma de ellas se correlacionó con la fijación en forma altamente significativa.

En resumen la extracción de K es sencilla y su determinación tampoco ofrece dificultades por medio de la fotometría de llama.

La técnica de absorción atómica para determinar K también es fácil. No se recomienda las recomendaciones colorimétricas o turbidimétrica anteriormente en uso, ya que la eliminación eficiente del amonio es difícil y causa frecuentes errores. La calibración de los métodos es relativamente

fácil en el campo y permite seleccionar aquellas áreas deficientes en K, como muchos suelos fuertemente ácidos, donde es conveniente y económico la aplicación del elemento.

### III. DETERMINACION DE LA NECESIDAD DE CAL

La determinación de la necesidad de cal preocupa hace tiempo a los científicos de suelos latinoamericanos. En los años anteriores al renacimiento de la teoría de Aluminio como causante de acidez, se ha recomendado la preparación de curvas de titulación con  $\text{Ca(OH)}_2$  para el encalamiento (1). A la luz de la presente información se trata de precipitar el aluminio intercambiable en forma completa o parcial según lo recomienda Kamprath (24) para suelos inorgánicos. Este mismo autor informó que para un crecimiento óptimo de diferentes cultivos se puede aceptar diferentes porcentos de saturación de aluminio. Así encontró que para maíz la saturación debe ser menor de 44%, mientras que para algodón y soya solamente se permite 20%. Aquí existe todavía un vacío apreciable en la información referente a nuestros conocimientos sobre las cantidades permisibles para cultivos de clima tropical y variedades de cultivos adaptadas a las condiciones locales.

Al asegurar el crecimiento óptimo, el encalado debe eliminar las concentraciones tóxicas de Al y Mn, debe suplir Ca como nutrimento y debe favorecer una serie de reacciones secundarias ventajosas como por ejemplo la mineralización del fósforo orgánico presente. Este último proceso contribuye apreciablemente al aumento del rendimiento según fué confirmado por Awan (2) en suelos de Honduras que fueron encalados.

Evidentemente la gran variedad de minerales de arcilla presentes en el suelo en los trópicos hace necesario el uso de muchas consideraciones y variedad de técnicas de encalado, como fué reconocido ya hace diez años por Matsusaka y Sherman (25). Ellos indican que para hacer una

evaluación correcta de las necesidades de cal de un suelo hay que considerar cuatro factores: la capacidad de amortiguamiento del suelo, lo cual hoy se expresa como el contenido de aluminio intercambiable y su mineralogía; el cambio deseable de pH de acuerdo con el cultivo a sembrar, éste se conoce hoy como el porcentaje de saturación permisible para un crecimiento óptimo del cultivo; se debe aplicar un factor encalado que se obtiene de ensayos de campo que indican la eficiencia real del encalado en las condiciones particulares del experimento; se debe también considerar los requerimientos de cal o de pH del cultivo a sembrar.

Puede observarse que estas recomendaciones siguen vigentes hoy día aunque la formulación en problemas ha cambiado algo. Se puede resumir aquí, que son muchos los suelos tropicales que pueden aprovechar bien un encalado para diferentes cultivos. Para algunos suelos de sabanas como los de "campos cerrados" de Brazil, el encalado es la práctica más importante, causando aumentos de cosecha del orden de 50 a 200% (27).

#### IV. DETERMINACION DE LOS NUTRIMENTOS " MENORES "

Evidentemente se considera que la importancia de los nutrientes diferentes a los tres elementos principales que se encuentran en los fertilizantes comerciales, no es menos en la nutrición y solamente se usa este término porque permite el agrupamiento conveniente de estos elementos.

##### A. Cationes "menores"

Se considerará en el párrafo subsiguiente lo referente a los elementos Mg, Mn, Cu y Zn.

La aplicación de la absorción atómica al análisis de suelos hace unos diez años, inició un período que permite ahora un avance mucho más rápido en el análisis y estudios de estos elementos, ya que el tiempo ocupado en

su determinación fue reducido a menos de la cuarta parte de lo que se necesitaba anteriormente (9). Los cuatro elementos anteriores pueden determinarse con la técnica de la absorción atómica y si las consideraciones económicas lo permiten, este método es superior a todos los otros. Evidentemente, existen técnicas colorimétricas para todos estos elementos pero son muy laboriosas. Con un buen fotómetro de llama un químico puede terminar Mg y Mn, pero los fotómetros de llama de alta calidad que permiten estas determinaciones son apenas un poco más baratos que un equipo de absorción atómica.

Debido a la muy reducida solubilidad en agua de las formas de estos elementos presentes en el suelo, se ha procedido a tratar de disolverlos en ácidos fuertes, soluciones de quelatos y en presencia de reductores (33). Usando estos métodos, ha sido posible obtener correlaciones entre las cantidades extraídas y concentraciones foliares en diferentes cultivos.

#### Mangésio

La extracción del elemento se realiza entre los cationes cambiables y así no presenta problemas particulares. Su determinación por medio de absorción atómica es fácil. En realidad este fue uno de los primeros elementos por los cuales se desarrollaron técnicas de absorción atómica hace 20 años. La influencia de sulfato sobre la determinación es moderada y el límite de detección bien bajo (0.01 ppm). Al contrario, las técnicas colorimétricas y de fotometría de llama son bastante laboriosa. La evaluación del Mg a base de análisis foliar se practica en diferentes cultivos como frijoles (Phaseolus vulgaris L.) (6).

#### Manganeso

Similar, como para el Mg se acostumbra también determinar el Mn intercambiable. Sin embargo, considerando una oxidación posible del elemento

y su disponibilidad solamente en estado divalente, se ha propuesto extraerlo en presencia de un reductor como el quinal o sumar la fracción intercambiable y la reducible del elemento (33).

La determinación colorimétrica del Mn es bastante sencilla, oxidándole a permanganato. Sin embargo, el método de absorción atómica es más rápido y también más preciso que la determinación colorimétrica. El límite de detección es bajo y el ámbito de trabajo amplio, lo que permite la evaluación conjunta de muestras de suelos diferentes.

#### Cobre

El cobre se puede extraer con diferentes soluciones que forman quelatos poco disociados con este elemento, como por ejemplo el EDTA y la ditiizona, combinada con acetato de amonio (33). La literatura indica el uso de HCl 0.1N y el HOAc al 2.5 % (4). Es interesante recordar que el cobre es uno de los elementos que ya existe en regiones fuertemente contaminadas por el uso intensivo de fungicidas a base de cobre, elemento el cual se inmoviliza en la capa orgánica alcanzando a veces concentraciones de más de 100 ppm, lo que es fitotóxico para cultivos sensibles al cobre como el caso del arroz.

Los métodos colorimétricos permiten la determinación precisa del Cu y así la ventaja de la absorción atómica reside en su gran velocidad. Debido a que el límite de detección de la absorción atómica para Cu es de 0.1 ppm, este método es menos sensible, que las técnicas colorimétricas. En equipos de absorción atómica se puede conseguir lámpara emisoras para la determinación de diferentes elementos con la misma fuente emisora. Sin embargo, si se trabaja con frecuencia con Cu, vale la pena tener su lámpara de este elemento únicamente.

## Zinc

Tanto la extracción como la determinación de zinc presentan algunos problemas. Para su extracción se ha usado ácidos inorgánicos como 0.1N HCl y soluciones de acetato de amonio 1N, sólo o con ditizona y soluciones de sales divalentes como el cloruro de magnesio (37).

Hoy día el método más común para la determinación del Zn es la Absorción Atómica. Este método por su rapidez y sencillez ha desplazado en gran parte la polarografía, ya que permite el manejo de cinco a diez veces más muestras de lo que se puede determinar polarográficamente, en adición de ser más sencilla la determinación. A pesar de que se trabaja hace casi 20 años con las técnicas de absorción atómicas en Zn, esto no ha hecho sencillo el método, el cual requiere mucho más cuidado que otras determinaciones, como la de cobre por ejemplo.

Resumiendo se ve que la extracción de estos elementos todavía presenta bastantes problemas aunque la literatura para suelos tropicales es escasa sobre esto. La determinación es más fácil especialmente si se dispone de absorción atómica.

## B. Aniones "menores"

De los tres aniones que serán considerados aquí, los boratos y molibdatos merecen en realidad la denominación de menores por la baja concentración con la cual se presentan, mientras que los sulfatos normalmente se presentan en cantidades similares a los fosfatos en los suelos y en las plantas. A continuación se discutirá estos aniones individualmente.

## Azufre

La determinación de los sulfatos disponibles es una tarea relativamente complicada, ya que diferentes formas de azufre se presentan en los suelos

Con bastante frecuencia ambas cantidades son reducidas aunque los suelos con altas cantidades de sesquióxidos libres son buenos absorbentes de sulfatos (12). Las áreas mayores de deficiencia del elemento en Latinoamérica son las sabanas llamadas "campos cerrados" de Brazil, donde para muchos suelos el elemento principalmente limitante es el azufre, como se demostró en ensayos de invernadero (23, 26). Los suelos de las sabanas de África Central son también frecuentemente deficientes en S (7). Experimentos de campos con algodón demostraron esta deficiencia (27) como sucede con ensayos de maíz y soya (28). La extracción de cantidades de S que correlacionan bien con lo absorbido por las plantas es difícil y los mejores resultados fueron obtenidos con una extracción con bicarbonato (30).

Para la determinación del S se usa un precipitado insoluble con Bario o una determinación indirecta del mismo elemento que se queda en solución después de la precipitación del sulfato.

### Boro

En condiciones de suelos de sabanas en Brazil, la deficiencia de este elemento fue encontrada con frecuencia asociada con deficiencias de S (23, 27, 28). Sin embargo, muchos de los suelos fuertemente lavados son deficientes en B y este problema se presentó en gran variedad de condiciones (30). Se considera que la extracción más generalizada del B es por medio de agua caliente (30), el cual rinde alicuotas donde por medio de métodos colorimétricos es relativamente fácil determinar este elemento. Los métodos de la quinalizarina y con curcumina (9, 30) son los más usados.

Debido a que el borato es componente esencial de los vidrios resistentes al calor y de muchos otros materiales, es de gran importancia el cuidado especial para evitar la contaminación de las muestras, un principio que se aplica a todos los trabajos con elementos menores.

En regiones secas existen también suelos con cantidades tóxicas de B, con más de 1 ppm en extracto de agua caliente (30), una condición más difícil de corregir que la deficiencia del elemento.

#### Molibdeno

En muchos suelos antiguos y fuertemente lavados se ha encontrado deficiencia de Mo (12), pero solamente una región de Latinoamérica, los "campos cerrados" de Brazil, tienen experimentos que demuestran respuestas significativas a la aplicación de este elemento (23, 27, 28).

Debido a que las plantas requieren cantidades muy bajas de este elemento, son pocos los estudios dedicados a la medida exacta de los requerimientos del elemento (30).

La solución más empleada para extraer el Mo. del suelo, es una de oxalato de amonio con pH 3.3 (solución de Tamm) (30).

Otra extracción que se correlacionó con la producción es con agua caliente, en forma similar a la extracción de boratos. Debido a las cantidades del elemento en suelos, que son muy pequeñas, del orden de fracciones de ppm, la determinación del Mo. es posible con absorción atómica, aunque el límite de detección es del orden de 1 ppm, lo que podrá hacer necesario concentrar la soluciones con las cuales se extraiga el elemento. Hay interferencia del Al y por esto es importante considerar si el método de extracción que se use extrae también Al. Debido a las pequeñas cantidades presentes es muy importante trabajar con extremo cuidado para evitar las contaminaciones.

#### V.. CORRELACIONES ENTRE DATOS Y ENSAYOS DE CAMPO

Las investigaciones preliminares de un problema corrientemente se realizan en los laboratorios e invernaderos, para poder controlar los factores ajenos al estudio. Sin embargo, estos resultados pueden ser de poca consecuencia cuando se procede a la aplicación comercial de los resultados.

### A. Ensayos en Invernaderos

Los ensayos en invernaderos ofrecen las condiciones más controladas para experimentar con plantas. El caso extremo de control lo ofrecen los fitotrones, pero un invernadero común bien manejado permite también obtener una constancia confiable. Evidentemente debemos recordar que las conclusiones que se pueden obtener en condiciones de invernadero son solamente de naturaleza preliminar y deben ser confirmadas en el campo para su aplicación en la agricultura. Especialmente si se trabaja con suelos procedentes de varias condiciones ecológicas, puede ocurrir que la correlación sea muy reducida entre los resultados de invernaderos y de ensayos de campo, como lo informan los resultados obtenidos por Baird y colaboradores de Colombia (5). Al contrario, usando suelos de una región ecológica similar en los "campos cerrados" de Brazil se encontró una confirmación en ensayos de campo de lo que se detectó previamente en el invernadero (27,28).

Cuando se trata de escoger métodos, como por ejemplo para seleccionar un extractor de P, es conveniente iniciar los estudios en el invernadero, como se encuentra con frecuencia en la literatura (4,34). A pesar de las condiciones controladas y el trabajo extra, se recomienda usar en el invernadero por lo menos cinco aplicaciones de los tratamientos para tener mayor confiabilidad estadística. Para tener resultados para recomendaciones valederas en escala agrícola, es imprescindible la realización de experimento de campo para la calibración de método o por lo menos el uso de resultados de campo existentes.

### B. Uso de Microparcelas

Debido a que la realización de una serie de ensayos de calibración en el campo es bastante laboriosa, costosa y requiere tiempo, se ha desarrollado una solución intermedia entre experimentos de laboratorios y de campo.

Para ésto se usa las microparcels cuyo uso fue estudiado y propagado por el Profesor Hardy, sus colaboradores (22). Estos ensayos consisten en sembrar maíz en pequeñas parcelas, de 60 cm. por 60 cm., a las cuales se les aplica un diseño experimental que corresponde a un factorial de 3 por 3 por 3. El diseño original es para investigar los efectos de N,P, y K, pero a base de sus principios sumamente sencillos, esto puede ser adaptado a otros tratamientos tambien como por ejemplo Cal, N, P. En su forma original el diseño se aplica una sola vez sin repetición, pero tambien puede ser modificado para obtener mayor confiabilidad estadística ya que el método involucra poco trabajo. Como las prácticas de atención de las parcelas de esta técnica son muy sencillas, el método se presta para ensayos regionales sencillos, estableciendo microparcels en diferentes localidades para comparar los suelos de diferentes lugares en su estado natural y bajo sus condiciones ecológicas normales.

La técnica recomienda sembrar maíz en las parcelas que reciben cero o uno de dos niveles de N, P o K y sus combinaciones. Se deja crecer las plantas, por cuatro semanas, se les cosecha arrancándolas con cuidado y se les pesa inmediatamente. Se evalua el resultado de los tratamientos a base de peso fresco de plantas obtenida. Evidentemente se puede llevar las plantas al laboratorio, determinar su peso seco y analizar si se estima oportuno, para obtener conclusiones sobre factores adicionales.

Esta técnica tiene dos grandes ventajas, su sencillez que permite realizarla fácilmente a un campesino con educación bastante moderada y que representa los suelos y las condiciones del campo.

Evidentemente como se cultiva una sola especie de plantas, maíz, en un período corto, no se obtiene resultados de aplicabilidad ilimitada pero sí una primera indicación realista de la situación en el campo.

Este tipo de ensayo se prestó muy bien para evaluaciones preliminares de las condiciones de fertilidad de suelos.

### C. Ensayos de Campo

La evaluación confiable de la correlación entre datos analíticos y cosechas se realiza adecuadamente solamente por medio de ensayos de campo (7). De esta manera se obtendrá una correlación confiable entre los datos correlativos, una característica del sistema de producción y los rendimientos de cosecha, alcanzando así en parte la meta de la experimentación en el campo propuesto por Hanway (21).

Los resultados de los ensayos de campo se expresan en unidades convenientes, como por ejemplo calculando el porcentaje de respuesta de producción (PRP) en relación con la cantidad de nutrimento presente en el suelo o aplicado. El PRP se calcula dividiendo la diferencia entre la producción obtenida con nutrimentos adecuados y la obtenida con el tratamiento testigo entre la producción con nutrimentos adecuados y multiplicando por 100.

Una presentación mas sencilla que usa el porcentaje de rendimiento (PR) es recomendada por el grupo de Carolina del Norte (14). Este valor se obtiene dividiendo la producción sin el elemento en estudio, por la producción a un nivel adecuado del elemento y se multiplica por 100. Si se hace una gráfica con los datos en función del contenido de un elemento en el suelo, como por ejemplo P extraíble, se obtiene gráficos que permiten separar las condiciones donde el elemento es limitante y donde no lo es. De esta manera se tiene la información requerida para las recomendaciones a los agricultores, la meta de los estudios analíticos de suelo con miras de asesoramiento.

## VI. EVALUACION ECONOMICA DE LOS RESULTADOS

Debemos recordar que el agricultor no cultiva por el gusto de hacerlo

sino que la agricultura debe ser una empresa económicamente productiva. Para esto es muy importante estudiar cuidadosamente los aspectos económicos de las prácticas que se recomiendan, usando los ensayos de calibración en el campo. De esta manera se puede tener la seguridad de que las prácticas contribuirán a un mayor bienestar rural.

Con este propósito se debe tener la información del costo de las operaciones propuesta en lo que se refiere a mano de obra o insumos y comparar la misma con los rendimientos que se obtendrá con las innovaciones. Se estima que una nueva práctica para que se recomiende con tranquilidad, debe representar por lo menos el doble de ganancia que costo adicional de la práctica. En las condiciones arriesgadas de la agricultura no vale la pena recomendar la innovación que se esta considerando.

De esta manera se puede alcanzar la última meta de las investigaciones agrícolas, una contribución al mejor bienestar de nuestros países y especialmente para el grupo menos privilegiado de los ciudadanos los pobladores del campo.

## EVALUATION OF THE SAVANNA SOILS IN THE TROPICS

ENGLISH SUMMARY

Savanna soils occupy very important areas of Bolivia, Brazil, Colombia, Cuba, Honduras, Dominican Republic, Trinidad and Venezuela, but their contribution to the overall agriculture of these countries is so small that the works done about their evaluation are very few. Where most works have been done is in Campo Cerrado, Brazil. Experience in those fields showed that good yield can be obtained if the high exchangeable aluminum is reduced and nutrients are supplied.

It is necessary to study these soils carefully before putting them to use due to the great variety of soils that can be found in Savannas. It can be done through a program of survey, analysis and research.

The high cost of the agricultural products must also be taken into account before these soils come into production. It is more important if we thought that the limiting factor for production in Latin America is money.

Soil analysis have given good results in Latin America even when the calibration of the methods has not been completed.

Good recommendations only come out when there are good techniques to extract and to determine the nutrients in the soils. But a good interpretation of the results is as important as the analysis techniques. This interpretation must see crop production as a total; Hanway mentioned five (5) factors that must be looked at: crop, soil to be used, other elements of the ecosystem such as weeds, diseases, insects, etc.; the atmosphere and climatic conditions and the agricultural practice used.

## ANALYSIS OF NITROGEN, PHOSPHORUS AND POTASSIUM

Most of the commercial fertilizers are basically composed of N, P, and K, and the general tendency is to provide highly concentrated fertilizers to reduce handling costs.

Most tropical soils respond to applications of nitrogen. There is not a good technique for the analysis of nitrogen status in the soil, those used are very time consuming or very imprecise. The common practice is to recommend nitrogen fertilizers based on field experiment. Foliar nitrogen analysis in perennial crop production might help. It is necessary to take into account the crop variety or hybrid when dealing with nitrogen recommendation because differences in crop response occur quite frequently.

There are good extraction and analytical techniques for inorganic phosphorus, the same cannot be said about the organic one mainly with respect to soil rich in aluminum and iron oxides very common in savanna soil. The only method, of the most commonly used, that showed a low correlation between P detected by analysis and extracted by crop is Saunders in the case of tomatoes grown in different soils of which savanna soils were included. Bray I, Truog and Bray II, were the ones that have the higher correlation in Honduras using wheat as an indicator plant. Other methods such as radioactive P have been used without good results.

The determination of available or exchangeable K is easy. Plants usually respond to the application of K. K fixation has been found in tropical soils, but Davidson failed to find a high correlation between the amount of K fixed and the types of individual clay factors present in soils, but there was correlation with the sum of these individual clay fractions.

The best technique to use for potassium analysis is the flame photometer.

Lime requirement determination has undergone a lot of changes, first the incubation method with  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , now with the aluminum theory the idea is to precipitate the aluminum totally or partially for mineral soils. Kamprath showed that aluminum tolerancy varies from crop to crop and even among varieties of the different crops.

The main purpose of liming must be to reduce the concentration of the toxic elements such as aluminum, copper, manganese to eliminate their toxicity; it also must provide calcium and favor other side reactions such as mineralization of organic phosphorus. This last reaction was proved to be important by Awan working with soils from Honduras.

According to Matsusaka and Sherman, liming must pay attention to four different soil factors: (a) Buffer capacity of soils which means aluminum and clay composition today; (b) desired pH or % desired, % base saturation; (c) field experiment coefficient according to the efficiency showed by lime in the field, (d) lime requirement of the crop to be planted.

#### Microelements Determination

Microelement analysis and atomic absorption photometer developments must go together because this is the most rapid and efficient method for the determination of Mn, Cu, Mg, and Zn. There are other methods such as colorimetric and volumetric but all of them are too laborious, even flame photometry is used but the cost of the flame photometer to be used is similar to that of atomic absorption.

Mg and Mn are extracted or exchangeable ion; Cu can be extracted with

any chelating agent such as EDTA, with Da/N, Hcl and 2.5% HoAc, and Zn can be extracted with inorganic acids such as 0.1 N Hcl. Atomic absorption is the best method to determine all of them, but in the case of Cu colorimetric methods, although slower, are as good as atomic absorption.

#### Minor Anions

Most of the savanna soils are sulfur deficient. Sulfate analyses are difficult because of the different forms of sulfate found in the soil. Sulfate deficiency has been found in Campos Cerrado, Brazil where sometimes it has become the limiting nutrient. It has also been found deficient in Central African Savanna.

The best correlation between the amount of sulfur extracted and that absorbed by plants was found when soil sulfur was extracted with bicarbonate.

Boron deficiency is associated with sulfur deficiency in Brazil (23,27,28). Hot water extraction is considered the best for soil B. Colorimetric methods are quite good for B analysis, care must be taken to avoid contamination coming from most B containing grasses.

Molybdenum deficiency has been found in a lot of leached old soils. Response Mo. has only been found in Campos Carrados in Brazil.

Tomm's solution (amonium oxalate pH 3.3) is the most used extracting solution for Mo. Atomic absorption is the most common method used. The method requires that the extracting solution remove all the aluminum because of the Al interfering with Mo.

#### Correlation among Soil Analysis and Field Data

Soil analysis and green house results are only the initial steps for soil problem evaluation, this preliminary result must be taken to the field for checking. This becomes more important when greenhouse experiments are carried out with soils from different ecological conditions.

Due to all the work required in calibration studies the micro-plots technique is now in use. This method was initially used for N, P, K experiments with 60 X 60 cm plots, it can be used to check other factors such as N, P, lime. This type of experimental design does not require too much labor and that is the reason why large amount of experiments can be carried on at the same time.

The field experiment is the best method to correlate between analytical techniques and crop production. The results from field experiments must be expressed in a proper measurement such as % yield increase, it is gotten by using the formula:

$$PYI = \frac{\text{Yield of check}}{\text{Yield under treatment}} \times 100$$

The economical aspect of the research must not be forgotten because agriculture is business. We must take records of operational costs to be able to compare input and output of any new cultural practice recommended. It is considered that any recommended practice must produce twice as much as the cost of the practice to be advisable. This is the only way to reach the objective or research; a better life for the poor farmers.

REFERENCIAS

1. Abruña, A. y Vicente, J. Refinement of a quantitative method for determining the lime requirements of soils. Jr. Agr. Univ. Puerto Rico 39: 41-45 (1955).
2. Awan, A. B. Effect of lime on availability of phosphorus in Zamorano soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 28:672-73 (1964).
3. Baird, G. B., Rodríguez, J.M., Vega J.V.M. y Aristizabal, G.A. Fertility status of the soil in very important agricultural areas of Colombia. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 21:405-408 (1957)
4. Balerdi, F., Muller, E. y Fassender, H.W. Estudio del fósforo en suelos de América Central III. Comparación de cinco métodos químicos de análisis de fósforo disponible. Turrialba 18:348-360 (1968).
5. Barrios, A., Rodríguez, H. A., Arteagas, S., y Pérez, S. R. Resultados de ensayos de fertilización en caraota (Phaseolus vulgaris L.) Agron. Trop. (Venezuela) 20:355-369 (1970).
6. Berrios, L. y Bergman, E. I. La influencia de magnesio en el análisis foliar, rendimiento y calidad de habichuelas tiernas (Phaseolus vulgaris) Pro. Trop. Region Amer. Soc. Hort. Sci. 15 reunión, Boquete, Panamá pp. 151-158 (1967)
7. Bolle-Jones, E. W. Incidence of sulphur deficiency in Africa. A review Emp. J. Expt. Agr. 32:241-48 (1964)
8. Bornemisza, E. Problems of fertilizer use in Latin America. In Pont. Acad. Scripta Varia. Roma (en impreso) (1972).
9. Bornemisza, E. Principios y métodos instrumentales de análisis químicos de suelos. IICA, Turrialba, Costa Rica, 97 p. (1969).
10. Bornemisza, E. y Fassbender, H.W. Uptake of fertilizer phosphate from nine soils from the humid tropics. Agrochimica 14:259-268 (1970).
11. Bornemisza, E. e Igue, K. Acomparision of three methods for determining organic phosphorus in Costa Rica soils. Soil Sci. 103:347-354 (1967)
12. Bornemisza, E. y Llanos, R. Sulfate movement, absorption and desorption in tree Costa Rican Soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 31:356-360
13. Bornemisza, E., Vieira, L.S. e Igue, K. The method of Mehta et al modified for determination of organic phosphorus in soils high in extractable iron. Soil. Sci. Soc. Amer. Proc. 31:576-77 (1967).

14. Cate, Jr., R.B. y Nelson, L.A. A rapid method for correlation of soil test analysis with plant response data. North Carolina State University Agr. Exp. Sta. USAID, International Soil Testing Series Bul No. 1 24 pp. (1965).
15. Chirinos, A.V., de Brito, J. y De Rojas, I. Características de fertilidad de algunos suelos venezolanos vistos a través de resúmenes de análisis rutinarios. Agr. Trop. (Venezuela) 21:397-409 (1971).
16. Cordero, A. Fertilización del arroz en Costa Rica. En: La actividad arrocera en Costa Rica, Curso del BIRF-Banco Central de C.R. Puntarenas Costa Rica, pp 56-78 (1970).
17. Dahnke, W.C., Malcolm, J.L. y Menéndez, M.E. Phosphorus fractions in selected soil profile of El Salvador as related to their development. Soil Sci. 98:33-38 (1964).
18. Davidson Jr., T. J. Phosphorus and potassium fixation of selected alluvial soils from Honduras. Diss. Abstr. 24(11) 4337 (1963).
19. Freitas, L.M.M., Macclung, A.C. y Lott, W.L. Field studies of fertility problems of two Brazilian Campos Cerrados 1958-59 Ibec. Res. Inst. Bull No.21, 30 pp. (1960).
20. Ghelfi, R.A. y Merzari, A.H. Interacción del nitrógeno y del fósforo en ensayos de fertilización de maíz en campos y en invernadero utilizando superfosfato 32 P. En: Aplicación de la Energía Nuclear al aumento de la Productividad Agrícola. Com. Interam. Energía Nucl., Santiago, Chile, pp. 205-211 (1968).
21. Hanway, J.J. Field experiments for soil test correlation and calibration. I. Soil Testing and plant analysis. Vol. 1, pp. 103-114 .Soil. Sci. Soc. Amer. Spec. Publ. No 2 (1967).
22. Hardy, F. y Bazan, R. The maize microplot method of soil testing. Turrialba 16:267-270 (1966).
23. Jones, M.B. Sulphur fertilization of Brazil's Campos Cerrados Soils. Sulphur Inst. J. 3:2-4 (1967).
24. Kamprath, E.J. Exchangeable aluminum as a criterium for liming leached mineral soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 34:252-254 (1970)
25. Matsusaka, Y. y Sherlan, G.D. Lime requirements of Hawaiian soils Hawaii Farm Sci. 13(3) 5-7 (1964).
26. Mcclung, A.C. y Freitas, L.M.M. Sulfur deficiency in soils from Brazilian Campos. Ecology 40:315-317 (1959).

27. Mcclung, A.C., Freitas, L.M.M. de , Mikkelsen, D.S. y Lott, W.L. La fertilización de algodones en suelos de sabanas del estado brasileno de Sao Paulo. Ibeg. Res. Inst. Bol No. 27, 34 pp. (1961).
28. Mikkelsen, D.S., Freitas, L.M.M. de, y Mcclung, A.C. Effects of liming and fertilizing cotton, corn and soybeans on Campo Cerrado soil, state of Sao Paulo, Brasil. IRI Res. Inst. Bull No. 29 pp. 40 (1963).
29. Navas, A.J., Manzano, H. y Mcclung, A.C. Algunos aspectos del análisis de suelos III. Calibración del análisis. Agric. Trop. (Colombia) 22: 285-294 (1966).
30. Reiseauer, H.M. Availability assays for the secondary and micronutrient anions in soil testing and plant analysis. Vol.1 pp71-102. Soil Sci. Soc. Amer. Spec. Pub. No. 2 (1967).
31. Rouse, R.D. Organizing data for soil test interpretation, In: Soil testing and plant analysis. Vol 1 pp115-123, Soil Sci. Soc. Amer. Spec. Publ. No. 2 (1967).
32. Tejadas, S.H. y Gogan, G.L. Métodos para determinar nitrógeno disponible en suelos con diferentes origen y contenido de materia orgánica. Agric. Técnica (Chile, 30:57-64 (1970).
33. Viets Jr., F.G. Soil Testing for micronutrient cations. In: Soil testing and plant analysis Vol. 1 pp 55-69, Soil Soc. Amer. Spec. Publ. No. 2 (1967).
34. Weir, C.C. Evaluation of chemical soil test for measuring available phosphorus in some Jamaican soils. Trop. Agric. 30:67-72 (1962).

ESTUDIO de RECONOCIMIENTO de las CARACTERISTICAS  
FISICAS, QUIMICAS y MINEROLOGICAS de los SUELOS BAJO SABANA  
en la REPUBLICA DOMINICANA

J. B. Collins y Julio César Polanco\*

INTRODUCCION

En enero de 1972, se muestreó una extensa área de suelos ácidos de Sabana ( Sabana de Guabatico) en la República Dominicana. Este estudio forma parte del programa de la Universidad de Prairie View A&M, Texas A&M, como un aporte de esta al grupo de Universidades (Universidad de Cornell, Universidad de Carolina del Norte, Universidad de Mayaguez, Puerto Rico, Universidad de Hawaii y Universidad de Prairie View A&M, Texas A&M) que se han dedicado al estudio de suelos en el trópico; dicho programa es financiado por la AID (Grant 211-d).

El área bajo estudio esta ubicada al este de Santo Domingo, Capital de la República Dominicana, en lo que se conoce con el nombre de "La región agrícola de la zona costera del Caribe" (3 y 4). La topografía de esta área es de plana a ligeramente ondulada, el origen del suelo es residual y se desarrollo en sedimentos marinos calcáreos en la edad del pleistoceno. ( 3 y 4). La vegetación original de esta área fue grama altas (4). Las principales actividades agrícolas a que se dedica la zona son: caña de azúcar (Saccharum officinarum) 30%, arroz ( Oriza Sativa) y pastos mejorados (Digitaria decumbens y otros) 10%, y pastos sin mejorar en un 60%. El estado es el principal propietario de estas tierras. La pluviometría promedio es de 1,750 - 2,000 mm por año; (3 y 4) mientras que las temperaturas promedios es de 25° C para el invierno, 29°C para el verano y 27°C durante la primavera y otono.

---

\* Profesor de Suelos, Universidad Agrícola y Mecánica de Prairie View, Texas, U.S.A. Jefe Departamento de Agronomía, Complejo Industrial Pedernales, S. A., Santo Domingo, República Dominicana.

Se pueden ocasionar cambios bruscos de temperatura durante la noche. La época de sequía se extiende desde finales de diciembre hasta finales de marzo (3 y 4). Las grandes sabanas comprenden un área aproximada de 400,000 acres y la densidad de población es de aproximadamente 10 personas/Km<sup>2</sup>. (3).

#### MATERIALES Y METODOS

Muestreo: Se hicieron 7 perfiles en diferentes localidades y tratando de que éstos representaran las diferentes variaciones de suelos que se encuentran en la zona. Luego se tomaron muestras a diferentes profundidades en cada uno de estos perfiles.

Las muestras fueron secadas al aire y tamizadas a través de un tamiz de 2 mms., excepto en aquellos casos en que se indique lo contrario. Estos perfiles fueron descritos usando una forma standard de descripción.

#### METODOLOGIA DE ANALISIS

Reacción del Suelo: La actividad de los iones de hidrógeno se determinó en muestras secadas al aire por dos métodos diferentes (Helige-Troug-método colorimétrico-y el método de electrodos de vidrio con un potenciómetro Coleman usando la razón agua-suelo 1:1 y, 1:2 cuando en lugar de agua se usó un ClK

Materia Orgánica: La materia orgánica se determinó por medio del método del ácido crómico de Walkley-Black.

Aluminio: El aluminio se extrajo con una solución normal de ClK. La concentración de aluminio se determinó por el método de aluminón.

Fósforo: El fósforo se extrajo con la solución Bray (0.03N FN<sub>4</sub> + 0.025 N ClH) usando una razón suelo-solución extractora de 1:10 y se determinó por el método de fosfomolibdato reducido y el % de transmitancia se leyó a 660 mμ.

Calcio y Potasio: Estos se extrajeron con una solución normal de acetato

de amonio ( $\text{IN NH}_4 \text{ OA}$ ). El método usado fue el de fotometría de llama.

### RESULTADOS Y DISCUSION

Los siete perfiles representativos de los diferentes tipos de suelos que se encuentran en el área, fueron descritos y muestreados con el fin de estudiar sus características físico-químicas y su composición mineralógica en los laboratorios de Prairie View A&M y la Universidad de Texas A&M. Los resultados de los estudios realizados en el campo y en los laboratorios aparecen a continuación.

Descripción de Perfiles: El drenaje de estos suelos es de pobre a muy pobre en aquellas zonas en que la topografía es plana (Perfiles Nos. 1, 2, 3, y 6) y de moderado a bueno en aquellas zonas donde la topografía es ondulada (Perfiles Nos. 4, 5, y 7). El color de los suelos pobremente drenados es oscuro con una textura franco en el horizonte A, con una profundidad promedio de 12.5 cms. El horizonte A de los suelos bien drenados presenta un color más claro y una textura mas fina que los suelos con un drenaje de pobre a muy pobre, siendo la razón principal de este fenómeno la erosión más intensa causada por el agua en los suelos con mejor drenaje y una topografía mas ondulada. Todos los perfiles muestran una acumulación de arcillas en los horizontes B; la textura de estos horizontes es de franco-arcillosa a arcillosa (observación en el campo) y los colores más comunes son marrón, rojo, blanco, gris y amarillo, predominando en el sub-suelo de los suelos con un drenaje bueno los colores blanco y rojo.

El horizonte superficial es rico en raíces, pero el número de éstas, así como tambien su diámetro, disminuyen a medida que se profundizan. Esto implica que la estructura y la consistencia de los horizontes A de estos suelos favorecen el desarrollo redicular de los diferentes cultivos. Sin embargo, observaciones hechas en el campo indican que el horizonte B se cementa

o endurece cuando es expuesto a la superficie y se deja libre de vegetación. En los perfiles de los suelos con un drenaje de moderado a bueno se observaron concreciones a través del perfil.

En los horizontes A de los perfiles Nos. 3 y 6 se pudieron observar un buen número de lombrices de tierra de hasta 10 cms. de longitud.

Perfil No. 1: Horizonte AP (0-20cms) Marrón muy oscuro (10 YR 2/2) y marrón fuerte (7.5 yr 5/6) en la epidermis de las raíces y en los canales de penetración de éstas; textura de franco a franco arcillosa: estructura granular débil y bloques sub-angulares de finos a medianos; consistencia firme y delimitaciones definidas.

Horizonte AB (20-37,5 cms) Rojo (2.5 YR 4/8) con abundantes manchas de color amarillo (10 YR 7/8). Textura franco-arcillosa estructura moderada, de fina a medianos bloques sub-angulares con un color marrón (10 YR 4/3) cubriendo las caras de los agregados, consistencia firme y delimitaciones graduales y onduladas.

Horizonte B21 (37.5 - 57.5 cms) Rojo oscuro (2.5 Yr 3/6) y gris rosáceo (5 YR 7/2) con abundantes y comunes manchas de medianos a finos de color amarillo (10 YR 7/8). Textura franco-arcillosa. Estructura moderados, medianos bloques sub-angulares consistencia muy firme. Delimitaciones graduales e irregulares.

Horizonte B22t (57.5 - 162 - 5 cms) Marrón pálido (10YR 6/3) y gris claro (10 YR 7/2) con abundantes manchas de tamaño medianos de color amarillo (10 YR 7/8). Textura de franco arcillosa a arcillosa, estructura moderados, medianos bloques sub-angulares consistencia muy firme.

Notas Adicionales:

(a) Este perfil se describió en las cercanías del Municipio de San José de los Llanos.

(b) Topografía clase A (1%)

(c) Al sur de foto se puede ver un caso de erosión.

- (d) Húmedo a través del perfil
- (e) Capa freática a más de 150 cms.
- (f) Drenaje de muy pobre a pobre.
- (g) Abundantes raíces en el horizonte superficial y disminución de éstas en los horizontes más profundos.
- (h) Vegetación pajón del género Andropogon.

Perfil No. 2: Horizonte AP ( 0-30 cms) Marrón grisáceo muy oscuro (10 YR 3/2). Textura franco-arcillosa. Estructura moderados, medianos bloques sub-angulares. Consistencia firme. Delimitaciones definidas y onduladas.

Horizonte B21t (30-62.5 cms) Marrón amarillento oscuro (10 YR 3/4 ) con abundantes manchas rojas (2.5 YR 4/8). Textura arcillosa. Estructura moderado, medianos bloques sub-angulares y delimitaciones definidas.

Horizonte B22t (62.5 - 150 cms) Marrón amarillento (10 YR 5/8). Textura arcillosa. Estructura de masiva a débil, medianos bloques sub-angulares. Consistencia plástica y presencia de carbonatos libres.

Notas Adicionales:

- (a) Algunas concreciones de tamaño mediano en el horizonte B22t.
- (b) Algunos agregados con estructura pobremente desarrollados en forma de bloques.
- (c) Carbonatos libres a diferentes profundidades.
- (d) Este perfil se tomó en las proximidades de Guerra.
- (e) Vegetación pajones y algunos pastos mejorados.
- (f) Drenaje de muy pobre a pobre.
- (g) Capa freática a más de 150 cms y de húmedo a mojado a través del perfil.
- (h) Topografía casi plana (1.5%).
- (i) Al sur de este, se puede notar algunos síntomas de erosión.

- (j) Abundantes raíces de finas a medianas en el horizonte superficial y disminución de éstas a medida que aumenta la profundidad.

Perfil No. 3: Horizonte AP (0-12.5 cms) Marrón oscuro (10 YR 3/3).

Textura de franco a franco-arenosa. Estructura de granular a débil, finos bloques sub-angulares. Consistencia friable, delimitaciones abruptas.

Horizontes A2 (12.5 - 30 cms) Marrón amarillento (10 YR 5/6) con algunas manchas rojas (2.5 YR 4/8). Textura franco-arenosa, estructura de granular a débil, medianos bloques sub-angulares. Consistencia muy friable, delimitaciones definidas y onduladas.

Horizonte B21 (30-50 cms) Marrón amarillento (10 YR 5/6) con abundantes manchas de gran tamaño de color rojo (2.5 YR 4/8). Textura franco-arenosa. Estructura de granular a débil, medianos bloques sub-angulares. Consistencia friable. Delimitaciones graduales e irregulares.

Horizonte B22t (50-80 cms) Gris (10 YR 6/1) marrón amarillento (10YR5/6) con abundantes concreciones de color rojo (2.5 YR 4/8) de hasta 2.5 cms en diámetro. Textura franco-arcillo-arenosa. Estructura de masiva a fuerte, gruesos bloques sub-angulares. Consistencia extremadamente firme. Delimitaciones claras y onduladas.

Horizonte B 23t (80-150 cms) Amarillo (10 YR 7/8). Textura de franco-arcilloso a arcilloso. Estructura masiva, consistencia plástica.

Notas Adicionales:

- (a) Abundantes lombrices de tierra de hasta 10 cms en la superficie.
- (b) Coloración rojo amarillento (5 YR 4/8) en la epidermis de las raíces y en los canales de penetración de las raíces y lombrices en la superficie.
- (c) El horizonte B22t tiene evidencias de cementación.
- (d) Concreciones en el Horizonte B23t.
- (e) Abundantes raíces en el Horizonte superficial, pero la mayor

parte de estas se paran en el Horizonte B22t. (1)

- (f) Drenaje muy pobre.
- (g) Capa freática a más de 150 cms, húmedo a través del perfil.
- (h) Este perfil se tomó al noroeste de Guerra, en la finca propiedad de los Reyes.
- (i) Topografía ligeramente inclinada (4%) y ligera erosión.
- (j) Vegetación praderas.

Perfil No. 4: Horizonte AP (0-17.5 cms) Marrón (7.5 YR 5/4 - 7.5 YR 4/4)

Textura franco. Estructura de granular a débil, medianos bloques sub-angulares. Consistencia friable. Delimitaciones abruptas.

Horizontes B21t (17.5 - 37.5) Rojo oscuro (2.5 YR 3/6) Textura moderada, medianos bloques sub-angulares, consistencia firme delimitaciones graduales e irregulares.

Horizonte B22t (37.5-5-55 cms) Gris marronoso claro (10YR 6/2) y rojo oscuro (2.5 YR 3/6). Textura de franco arcilloso a arcilloso. Estructura moderado, de medianos a gruesos bloques sub-angulares, consistencia muy firme, delimitaciones graduales y onduladas.

Horizonte B23t (55-150 cms) De gris marronoso claro a blanco (10 YR 6/2 - 10 YR 8/2) y rojo oscuro (2.5 YR 3/6) Textura de franco arcillosa a arcillosa, estructura de masiva a débil, gruesos bloques sub-angulares, consistencia muy firme.

Notas Adicionales:

- (a) La cantidad de lolor grisáceo aumenta con la profundidad en el Horizonte B23t.
- (b) Se pueden notar concreciones hasta de 2.5 cm en diámetro a través del perfil inclusive en la superficie.
- (c) Algunas raíces en el Horizonte superficial y casi nada en los demás Horizontes.

- (d) Topografía ligeramente inclinado (3%).
- (e) Algunos síntomas de erosión al norte del perfil.
- (f) Drenaje moderado
- (g) Vegetación gramíneas de tipo pequeño.
- (h) Capa freática a mas de 150 cm. Húmedo a traves del perfil.
- (i) Un área erosionada en las cercanías del perfil indica que el Horizonte B endurece cuando se encuentra en la superficie y libre de vegetación.
- (j) Localizado al noreste del perfil No. 3.

Perfil No. 5: Horizonte A1 (0-4 cm) Marrón oscuro (10 YR 3/3) Suave mat. orgánico, delimitaciones abruptas y suaves.

Horizonte A2 (15-47 cm) Rojo (2.5 YR 4/8). Textura de franco arcillosa, estructura de granular a moderado, medianos bloques sub-angulares, consistencia dura, delimitaciones graduales e irregulares.

Horizonte B22t (47-150 cm) Rojo (2.5 YR 4/6) y blanco rosaceo (5 YR 8/2) con abundantes manchas. Textura arcillosa, estructura moderado, de medianos a gruesos bloques sub-angulares. Consistencia muy firme.

Horizonte B21t (17.5 - 52 cm) Marrón amarillento (10YR 5/8) y marrón fuerte (7.5 YR 5/6) Textura franco-arcillosa. Estructura moderado, medianos bloques sub-angulares, consistencia dura, delimitaciones claras e irregulares.

Horizonte B22t (52-200 cm) Rojo (2.5 YR 4/6) Amarillo marronoso ( 10 YR 6/8) y blanco (10YR 8/2) Textura de franco-arcillosa a arcillosa. Estructura moderado, medianos bloques sub-angulares, consistencia muy firme.

Notas Adicionales:

- (a) Concreciones muy pequeñas en el Horizonte Ap.
- (b) Drenaje de moderado a bueno.
- (c) Capa freática a más de 2.12 ms.
- (e) Seco en los primeros 52, cm. y húmedo en las demás profundidades del perfil.

- (f) Ligera erosión
- (g) Topografía ligeramente ondulada, con una inclinación de 4% hacia el suroeste.
- (h) A partir de los 2.12 ms la textura parece ser de franco a franco arcillosa.
- (i) Este perfil fue descrito en las cercanías de Monte Plata.
- (j) Vegetación pastos mejorados.

#### REACCION DEL SUELO (pH)

Estos suelos de una textura fina se desarrollaron en sedimentos marinos calcáreos y fueron sometidos a un intenso proceso de lixiviación durante los procesos de formación.

El pH medido en agua con los electrodos de vidrio muestra que estos suelos van de fuértemente ácido a través de los perfiles (Tabla I) excepto en el perfil No. 2 que es calcáreo a los 62.5 cm.

La diferencia en el pH en función de la profundidad es de 0.3 a 1.4 unidades de pH, de 0.2 a 1.2 unidades de pH y de 0.5 a 1.5 unidades de pH cuando la solución usada fue agua, 1N KCl o se usó el meto Troug respectivamente, excepto en el caso del perfil No. 2. El pH medido en una solución 1N ClK tiende a permanecer igual a medida que profundizamos; esto se debe a que el pH medido en una solución 1N ClK parece reflejar una característica intrínseca del suelo.

Hay muy pequeñas diferencias en los valores de pH obtenidos cuando se usó agua o una solución 1N ClK, en efecto, cuando se usó agua como standard los pH medidos en 1N ClK fueron 0.4 unidades de pH promedio, menores que los anteriores. Sin embargo, los pH medidos usando los electrodos de vidrio en agua y en 1N ClK son 0.6 y 1.0 unidades de pH respectivamente menor que cuando se usó el método de Troug. Estas concordancias, además de la adaptabilidad

del método de Troug para trabajos de campo y la rápida determinación de pH convierte el mismo en un método satisfactorio para determinación de pH de este tipo de suelos y de suelos similares.

**TABLA I:** pH del suelo determinado en las muestras secadas al aire por el Método de Troug (Troug kit) y con los electrodos de vidrio para cada uno de los 7 perfiles.

<u>PROFUNDIDAD</u> <u>CM</u>	<u>HORIZONTE</u>	<u>TROUG KIT</u>	<u>ELECTRODO</u> <u>KCl</u>	<u>DE VIDRIO</u> <u>H<sub>2</sub>O</u>
<u>Perfil No. 1</u>				
0-20	AP	6.5	4.6	4.7
20-37.5	AB	6.0	4.9	5.0
37.5-57.5	B21	6.0	5.1	5.2
57.5-162.5	B22t	5.5	5.1	5.1
<u>Perfil No. 2</u>				
0-30	AP	6.5	4.7	5.4
30-62.5	B21t	6.5	4.9	5.6
62.5-150.0	B22t	calc	calc	calc
<u>Perfil No. 3</u>				
0-12.5	AP	6.5	5.1	6.1
12.5-30	A2	6.0	5.3	6.1
30-50	B21	7.0	5.7	5.6
50-80	B22t	7.5	6.1	6.5
80-150	B23t	7.5	6.3	7.0
<u>Perfil No. 4</u>				
0-17.5	AP	5.5	4.9	5.3
17.1-37.5	B21t	5.5	5.0	5.1
37.5-55	B22t	5.5	4.9	5.0
55-150	B23t	6.0	4.7	5.0
<u>Perfil No. 5</u>				
0-15	A2	6.5	5.3	5.6
15-47	B21t	6.0	5.1	5.1
47-150	B22t	6.0	5.4	5.4
<u>Perfil No. 6</u>				
0-25	AP	6.0	4.8	5.2
25-45	A2	6.0	4.8	5.1
45-137.5	B22t	5.5	5.1	5.2
137.5-167	B23t	5.0	5.2	5.5
<u>Perfil No. 7</u>				
0-17.5	AP	6.5	5.1	5.7
17.5-52	B21	5.5	5.2	5.2
52-200	B22t	5.5	4.7	4.7

### MATERIA ORGANICA

El % de materia orgánica disminuye con la profundidad (Tabla II). Las diferencias en el contenido de materia orgánica con relación a la profundidad varía de 4.91% a 0.35%. El promedio de porcentaje de materia orgánica en los Horizontes superficiales de los perfiles con drenaje más pobres (Perfiles Nos. 1, 2, 3, y 6) es de 3.65%, mientras que el de los perfiles con mejor drenaje (Perfiles Nos. 4, 5, y 7) es de 2.28%.

El contenido relativamente alto de materia orgánica en los Horizontes superficiales de los suelos más pobremente drenados explica, aunque quizás parcialmente la excelente estructura física de los mismos; además, es de esperarse, que con un buen manejo de suelos esta estructura no se deteriore fácilmente cuando los mismos sean dedicados a cultivos y se practique el laboreo.

### POTASIO Y CALCIO INTERCAMBIABLE

Los contenidos de potasio y calcio intercambiable son muy bajos en los siete perfiles. Los resultados obtenidos van de 12.5 a 117.5 ppm para el potasio y de 15 a 970 ppm para el calcio (Tabla II). Excepto para el perfil No. 3 los valores más altos se encuentran en la superficie y generalmente tienden a decrecer o permanecer estables a medida que profundizamos. El contenido de potasio y calcio intercambiable en el perfil No. 3 aumenta en la parte baja de los Horizontes B. Esto tiene su explicación en el hecho de que la parte inferior de este perfil ha sido menos alterada que los Horizontes superiores.

Estos datos comprueban que existe un ciclo de nutrientes en el que la vegetación se encarga de retornar las bases a la superficie, enriqueciendo así los Horizontes superficiales.

**TABLA II: Contenido de materia orgánica (M.O.), Potasio (K) Calcio (Ca), Aluminio (Al) y Fósforo Intercambiable para cada uno de los siete perfiles.**

Profundidad cm	Horizonte	M. O. %	K ppm	Ca ppm	Al ppm	P ppm
<b>Perfil No. 1</b>						
0-20	AP	4.34	50.0	70.0	495.5	4.35
20-37.5	AB	1.50	20.0	40.0	550.0	7.50
37.5-57.5	B21	0.80	27.5	20.0	1013.0	3.52
57.5-162.5	B22t	0.51	35.0	15.0	1100.0	4.75
<b>Perfil No. 2</b>						
0 - 30	AP	5.91	59.0	-	67.8	2.00
30 - 62.5	B21t	1.40	45.0	-	250.0	1.00
62.5-150.0	B22t	0.35	50.0	-	3.7	2.66
<b>Perfil No. 3</b>						
0-- 12.5	AP	2.38	25.0	240.0	49.3	0.64
12.5- 30.0	A2	0.52	12.5	60.0	112.5	1.08
30.0- 50.0	B21	0.41	12.5	56.0	56.3	1.36
50.0- 80.0	B22t	0.59	12.5	295.0	6.8	3.00
80.0-150.0	B23t	0.47	57.5	970.0	5.9	3.88
<b>Perfil No. 4</b>						
0 - 17.5	AP	2.12	35.0	40.0	198.0	2.61
17.5- 37.5	B21t	1.02	25.0	220.0	901.4	2.35
37.5- 55.0	B22t	0.54	27.5	20.0	981.0	0.32
55.0-150.0	B23t	0.51	27.5	20.0	395.0	1.08
<b>Perfil No. 5</b>						
0 - 15	A2	2.20	70.0	150.0	45.6	7.32
15 - 47	B21t	0.85	25.0	40.0	303.2	0.64
47 - 150	B22t	0.56	54.0	30.0	337.5	0.32
<b>Perfil No. 6</b>						
0 - 25	AP	3.00	60.0	200.0	122.5	5.88
25--- 45	A2	0.95	27.5	20.0	556.0	9.48
45 - 137.5	B22t	0.79	25.0	40.0	900.6	0.32
137.5-162.0	B23t	0.42	30.0	20.0	1100.0	3.00

## Continuación Tabla II.....

Profundidad cm	Horizonte	M.O. %	K ppm	Ca ppm	Al ppm	P ppm
Perfil No. 7						
0 - 17.5	AP	2.45	117.5	310.0	147.5	3.88
17.5- 52.0	B21	0.80	32.5	30.0	468.5	8.32
52.0-200.0	B22t	1.03	30.0	20.0	975.0	9.00

Estos suelos, si se dedicaran a cultivos, necesitarían una fuerte fertilización con calcio y potasio para alcanzar niveles de fertilidad adecuados para un óptimo crecimiento y buen rendimiento de la mayor parte de los cultivos agrícolas y económicamente importantes.

#### ALUMINIO EXTRAIBLE Y FOSFORO INTERCAMBIABLE

Al fósforo intercambiable es muy bajo, variando de 0.32 a 9.48 ppm en los siete perfiles (Tabla II).

El aluminio extraible es generalmente alto y varía de 3.6 a 1,100.0 ppm en los siete perfiles (Tabla II). Sin embargo, es muy importante hacer notar que el contenido de aluminio en los Horizontes superficiales es menor de 70 ppm en los perfiles Nos. 2, 3, 5, y 7 menos de 200 ppm en los perfiles Nos. 4, y 6 y menos de 500 ppm en el perfil No. 1. Esto indica que la acidez de los Horizontes superficiales puede probablemente ser neutralizada con la aplicación de cantidades razonables de carbonatos cálcicos u otros materiales calizos, sin embargo, el arado profundo ( a más de 15 cms) tenderá a aumentar la acidez debido al alto contenido de aluminio en los Horizontes inferiores.

La cantidad y distribución de la materia orgánica, fósforo y aluminio en estos suelos hacen suponer que la mayor cantidad de fósforo presente en el suelo está en la forma orgánica o procede de la fracción orgánica del suelo y que el fósforo liberado es fijado por el aluminio. La fijación de fósforo es probablemente el cuello de botella para el potencial agrícola de estos suelos.

#### OTROS ANALISIS EN MARCHA

Actualmente se estan realizando otros tipos de análisis a estos suelos; éstos nos proveerán de más informaciones acerca de las características físico-químicas y mineralógicas de los mismos. Estas informaciones serán muy útiles para hacer las recomendaciones para el uso y manejo de estos suelos y para

clasificar los mismos de acuerdo con el método usado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (Taxonomía de Suelos)

#### RESUMEN Y CONCLUSIONES

Este estudio indica que los suelos de la Sabana de Guabatico tienen condiciones físicas adecuadas (textura, estructura y drenaje natural) y materia orgánica suficiente para el crecimiento de las plantas. La topografía del área es de plana a ligeramente inclinada haciendo fácil la mecanización. Estos factores y las altas temperaturas y pluviometría de la zona, junto con los avances tecnológicos de la época, proveen estos suelos de sabana tropicales de interesante potencial agrícola.

El encalado primero y luego la fertilización con fósforo y potasio, así como también la construcción de un buen sistema de drenaje para aquellos suelos con drenaje de muy pobre a pobre, son las prácticas más necesitadas.

La alta fijación de fósforo causada por el aluminio es quizás el factor más negativo para estos suelos.

La República Dominicana tiene una población cada día más creciente, lo que junto con mejores condiciones en la forma de vida aumentará la demanda por un aumento en la producción y la concomitante incorporación de nuevas áreas de cultivo y la sabana de Guabatico es posible que pueda satisfacer este reto. Es necesario, sin embargo, que rompamos las barreras de las limitaciones resolviendo los problemas, tales como pobre drenaje, bajos niveles de fertilidad, altos contenidos de aluminio y su concomitante alta fijación de fósforo y alta acidez y la erosión que comienza a presentarse, produciendo un endurecimiento de los horizontes B al ser expuestos a la superficie.

FIRST REPORT ABOUT THE PHYSICAL, CHEMICAL AND MINEROLOGICAL  
CHARACTERISTICS OF THE SAVANNA SOIL  
OF THE DOMINICAN REPUBLIC

ENGLISH SUMMARY

A vast area of land (160,000 hectares) of Dominican savanna was sampled to study the physical and chemical characteristics of its soils. The area under study is located east of Santo Domingo, Dominican Republic, it is known as the Agricultural region of the Caribbean Coast. It has a plain topography and the soils develop from calcareous marine sediments during the pleistocene. Its original vegetation was tall grass.

The most important agricultural activities are sugar cane (*saccharum officinarum*) 30%; rice (*oriza sativa*) and improved pasture 10%; and unimproved pastures 60%. The main owner of this land is the Dominican Government.

The average rainfall of the area is 750-2000 mm and the temperature ranges from an average of 25°C during the winter, 29°C during the summer and 27°C during the fall and spring.

The population density is very low (10 persons/Km<sup>2</sup>).

MATERIALS AND METHODS

The team dug seven (7) soil profiles which represents the different soil types found in this area. Soil samples of each horizon were taken; these soil samples were prepared for soil analysis.

The soil pH was analyzed by two (2) different methods; Helige-Truog colormetric method and glass electrode. Walkley-Block method was used for organic matter; aluminum coloremtric method was used for exchangeable aluminum; phosphorus was determined by Bray, phosphomolibdate method; and Calcio and Potassium by flame photometer.

For the general characteristics of the soils we had to divide the profiles in two groups, profile 1,2,3, and 6 in one side and 4,5, and 7, in the other. Profiles 1, 2, 3, and 6 have the following characteristics: poor drainage, dark color, 12.5 cm deep; loam texture on the surface (horizon A), yellow and brown yellow color on horizon B, accumulation of clay on horizon B. Profiles 4, 5, and 7 have a lighter color on the surface due to more erosion and slope, moderate drainage, silty clay loam texture on the surface, clay accumulation on horizon B, moderate erosion, reddish color on horizon B which indicates better drainage than the one of profiles 1, 2, 3, and 6.

Root penetration barriers were noticed in all the profiles as the roots get into horizon B; this indicates the formation of claypan which will limit crop production. Biological activities also decrease with increasing depth.

A description of each profile is found in the Spanish section but all of them follow the general description given above.

#### RESULTS OF DISCUSSION

The pH of the soil when measured with water, is strongly acid throughout the profile; the only exception is profile no. 2, that is calcareous at 62.5 cm. pH measured with 1N KCl tends to be the same with increasing depth which indicates that 1N-KCl - pH is an intrinsic characteristic of the soil. The difference between H<sub>2</sub>O - pH and 1N KCl - pH is very small, just 0.4 pH unit lower for H<sub>2</sub>O - pH; this difference is greater if we compared these results with Helige-Truog's method (Table I).

The percent organic matter decreases with depth. It is lower (2.35%

average) for soils having moderate drainage than for those having poor drainage (3.65% average) due to more rapid oxidation in the first ones. This content of organic matter may indicate that the structure and other physical characteristics will not deteriorate if good soil management practices are applied; it might also be the explanation for the relatively good physical characteristics of the soils. (Table II).

The levels of calcium and potassium are very low. These values tend to decrease with depth with the exception of profile number 3, due to the fact that less soil deterioration at that depth in the profile than any other (Table II). This might indicate the existence of a nutrient cycle by which the vegetation brings to the surface nutrients from deeper horizons.

Phosphorus levels are very low going from 0.32 to 9.48 ppm in all the profiles. The aluminum content is generally high, it varies from profile to profile and even among the same horizons for each profile. Aluminum content increases with depth which implies that deep plowing might not be a recommendable practice.

The amounts and distribution of phosphorus, organic matter and aluminum makes us think that most of the soil P comes from organic matter and that the amount of P liberated is fixed by aluminum. Phosphorus fixation seems to be one, if not the most, of the most important limiting factors for crop production.

As general conclusion we may say:

(a) These soils under savanna have adequate, not the best physical conditions. The topography of the area is generally flat although some slopy areas may be found.

Liming followed by phosphorus, potash fertilizers and a good drainage system are the most needed agricultural practices.

The high phosphorus fixation is the most limiting factor for crop production.

The Dominican Republic has a every-day more increasing population which along with a better living will increase the demand for food; it will require more land to come into crop production. The savannas may be the answer for those problems; but studies must be carried out to solve the following problems: phosphorus fixation; low pH, high aluminum content, erosion hazards, low fertility and others that these soils have as well as the social and economical aspect with respect to education, health, marketing, etc.

REFERENCIAS

1. Agronomy Monograph No. 9 (part 2). 1965, Amer. Soc. Agron., Madison, Wisconsin.
2. Jackson, M.L. 1958. Soil Chemical Analysis. Prentice Hall, Englewood Cliffs, Cliffs, New Jersey.
3. Obiols, Alfredo y Rodolfo Perdomo, 1966. Atlas de Información Banca Existente y Lineamientos para la Planificación del Desarrollo Integral de la República Dominicana. Ciudad de Guatemala, Guatemala.
4. Reconocimiento y Evaluación de los Recursos Naturales de la República Dominicana. Vol. I, II y III. Estudio para su Desarrollo y Planificación. Unión Panamericana- Secretaría General de la Organización de Estados Americanos. Washington, D.C. 1967.
5. Soil Survey Investigation Report No. 1 1967. Soil Survey Laboratory Methods and Procedures for Collecting Soil Samples. Soil Conservation Service, U.S.D.A., Washington, D.C.
6. Soil Taxonomy. 1970. (unedited) Soil Survey, Soil Conservation Service, U.S.D.A., Washington, D.C.

## EL MANEJO DE OXISOLES EN LAS SABANAS TROPICALES DE COLOMBIA \*

J.M. Spain \*\*

### INTRODUCCION

Colombia tiene marcado su desarrollo agrícola en los valles y hasta hoy la producción ha estado equilibrada con las necesidades, pero en el futuro estas tierras no serán suficientes. De las áreas disponibles para desarrollo en el futuro, las sabanas tropicales parecen ser las más promisorias.

Este trabajo es el resultado de experiencias y observaciones realizadas en los Llanos Orientales de Colombia, con el objetivo de encontrar sistemas de manejo racional para regiones de este tipo.

### DESCRIPCION Y EXTENSION

Aproximadamente el 20% del área de Colombia es ocupada por "Sabanas Tropicales" y eso representa cerca de 23,000,000 de hectáreas; 10,000,000 de hectáreas del área total están bien organizadas, tienen buen drenaje y son accesibles. Su topografía varía desde muy plana (3-4 millones de hectáreas) hasta fuertemente disectada.

La precipitación anual es de 1,500-2,000 mm. distribuidas en 8 meses, con un período anual de 3-4 meses de sequía muy marcada. La temperatura media anual es de 26°C con una variación de 10-12°C entre la temperatura máxima y la mínima. Los vientos de verano son fuertes y constantes durante el día.

---

\* Adaptado y presentado por los Sres. Robert Cheaney y Clovis H. Scherer, Estación Experimental de Arroz de Porto Alegre, Brazil y Centro Internacional de Agricultura Tropical, respectivamente.

\*\* Centro Internacional de Agricultura Tropical, Palmira, Colombia

### CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS

Los suelos de la región son uniformemente pobres en macro y micro nutrientes igual que en elementos secundarios. Tienen un pH que va de 4.0 a 4.5. Debido a su permeabilidad es fácil la pérdida de los nutrientes por lixiviación. Tienen una capacidad de intercambio de cationes muy baja. Las pendientes son muy suaves en las altillanuras no disectadas, siendo menos de 0.5% en muchos casos. Sin embargo, el drenaje es normalmente bueno. La textura es franco arcillosa, pero la estructura es excelente en su condición natural. Taxonómicamente forman parte del orden de los Oxisoles.

Análisis de suelo (0-20 cm. de profundidad)

Localización: Carimagua (Sabanas de Colombia)

pH	M.O. %	P (Bray II) ppm	Al <sup>+++</sup>	Ca <sup>+++</sup> meq/100g	Mg <sup>+++</sup>	K <sup>+</sup>	Textura
4.5	5.0	3.0	3.5	0.5	0.3	0.08	arcillosa

### INFRAESTRUCTURA

Casi no hay infraestructura, pero el acceso es fácil en los meses de verano y posible aun en los meses de invierno, a través de sendas carretables cruzando las sabanas en sus partes altas.

Debido a la mala calidad de las praderas naturales el ganado se encuentra muy desnutrido y presenta un bajo índice de nacimiento.

La población vacuna es muy baja; tal vez un animal cada 15-20 hectáreas. La densidad demográfica de la región es muy baja todavía. La baja fertilidad del suelo, la falta de comunicaciones, falta de electricidad

falta de escuelas, son algunos de los obstáculos para la colonización de la región.

### MANEJO DE SUELOS

Por definición un buen manejo es caracterizado por el uso eficiente y racional de la tierra, procurando conservar los recursos no renovables a la vez que se crean mejores condiciones de vida para el que la trabaja produciendo alimentos suficientes para la sociedad.

Lo que se entiende por uso eficiente y racional de la tierra es muy relativo y dinámico, dependiendo de muchos factores que cambian a través del proceso de desarrollo, tales como vías, mercados, plantas para beneficiar los productos y muchos otros.

Como ejemplo, sabemos como producir cinco toneladas de maíz, abonando y encalando, sin embargo, no vamos a sembrar maíz comercialmente mientras que las seis toneladas de cal que necesitamos cuestan 50.00 pesos Colombianos por tonelada (US\$2.00/ton.) en la mina, pero cuesta 450.00 pesos colombianos (US\$18.00) por tonelada puesta en Carimagua. Naturalmente, cuando estén desarrollados los yacimientos de cal en el pie de Monte Llanero y existan carreteras pavimentadas desde Villavicencio hasta Carimagua, el cuadro económico cambiará notablemente.

Las entidades ICA-CIAT en estrecha cooperación están desarrollando un proyecto de 20,000 hectáreas en Carimagua, cuyo objetivo es solucionar los problemas de producción pecuaria y determinar el mejor manejo para estos suelos para pastos y cultivos alimenticios.

En las investigaciones de ganadería se están estudiando varias especies de gramíneas que se adaptan bien al suelo y clima de la región. La introducción de especies aumenta el número de ganado por área y también la producción de carne, pues el aumento de peso de 15Kg/ha./año pasó a

a 100 y 120 Kg./ha./año Las especies en estudio incluyen: Melinis minutiflora, Hyperhenia rufa, Paspalum plicatulum, Brachiaria descumbens, Urochloa mosambisensis.

Las leguminosas forrajeras más promisorias incluyen: Stylosanthes guyanensis, Calopogonium, Desmodium y Kudzu. Stylosanthes se está mostrando muy competitiva. Es de esperar que una leguminosa bien adaptada y adecuadamente inoculada va a dejar disponible una cantidad de N apreciable que puede ser utilizada por las gramíneas, aumentando la calidad del pasto, especialmente el contenido de proteína.

Stylosanthes guyanensis es nativo de las sabanas de Brazil y es muy poco exigente en cuanto a fertilidad del suelo, es decir, que con bajas cantidades de abono, fósforo principalmente, suele producir mucho forraje.

Aunque no ha sido comparada en escala comercial todavía, por falta de semilla, ha sido estimado que combinación de Stylosanthes y otras especies mejoradas de gramíneas puede producir mucho más carne que con gramíneas solas. Para empezar a experimentar a escala comercial el CIAT está cosechando semillas de Stylosanthes.

En Carimagua, se está trabajando con varios cultivos, son énfasis en los alimenticios. Se detallan a continuación algunas de las experiencias obtenidas:

### Arroz

Arroz de riego; Debido a la tasa de infiltración tan alta del suelo en su estado nativo, fue necesario preparar el suelo inundado para reducir las pérdidas de agua y nutrientes. En estas condiciones encontramos grandes problemas con relación a enfermedades y anaranjamiento. El anaranjamiento, después de una investigación intensiva fue identificado como un tipo indirecto de toxicidad de hierro (Fe) y quizás un complejo de hierro

(Fe) y fósforo (P), como lo demuestra el hecho de haber encontrado en torno a las raíces una capa de óxido de hierro ( $Fe_2O_3$ ) que impide la absorción de otros nutrimentos. En otros casos hemos encontrado toxicidad directa de hierro (Fe) debida a una absorción excesiva de hierro por las hojas. Vistos los problemas en arroz de riego, se empezó investigación con arroz de secano, puesto que el problema de anaranjamiento no ocurre en condiciones de secano. Bajo estas condiciones hemos encontrado problemas con toxicidad de aluminio (Al) y alta susceptibilidad a Pyricularia orizae Br. et Cav (tizón).

Muchas de las variedades y líneas enanas de alta producción fueron probadas pero la mayoría son muy susceptibles a hongos, al mismo tiempo que requieren mucha cal para elevar el pH y eliminar el problema de aluminio.

#### Caupí y frijoles

Se han hecho investigaciones con leguminosas de grano con el objeto de encontrar una fuente de proteínas que tenga adaptabilidad para estos suelos. Los resultados nos muestran que el caupí tiene muy buena producción en condiciones naturales o con poca cal. Los frijoles negros también producen satisfactoriamente con niveles bajos de cal. Las más bajas producciones fueron obtenidas con los frijoles no negros. Es impresionante la diferencia entre especies y aún más, la diferencia entre variedades de la misma especie. Ver gráfica No. 2

#### Yuca

La yuca aparenta ser un cultivo muy especial para suelos ácidos. En ensayo con 140 variedades, la mayoría de las variedades fueron afectadas negativamente por un nivel de 6 toneladas de cal por hectárea y muchas fueron afectadas negativamente por un nivel de 2 toneladas por hectárea. La

cal parece causar un complejo de deficiencias de elementos menores aunque a niveles bajos, 0.5 toneladas/ha. tuvo efectos positivos medido en términos de rendimiento y absorción de elementos menores.

### Sorgo y maíz

El maíz y el sorgo se murieron en áreas que no recibieron cal y fósforo, en cambio, cuando éstos son aplicados es posible obtener una buena producción de estos cultivos.

### RESUMEN

América del Sur tiene grandes extensiones de sabanas tropicales casi despobladas que contribuyen muy poco a la producción y a la economía de los países en que se encuentran.

Aunque la tierra es muy barata y fácil de adquirir, los suelos son tan pobres que la gente sin tierra no tiene interés en moverse a ocupar las zonas de las sabanas. Experimentos preliminares muestran que las inversiones necesarias, para corregir la acidez del suelo con el uso de cal agrícola y aumentar la fertilidad por medio de fertilizantes, son muy elevadas y a veces antieconómicas. La manera más racional parece ser la busca de especies y variedades resistentes a estas condiciones de suelo y clima, especialmente la acidez.

Los resultados indican que hay grandes diferencias entre el comportamiento de distintas variedades de arroz, frijol, maíz, yuca y forrajes para adaptarse a estas condiciones, por lo tanto se están llevando a cabo varios ensayos con este objetivo, es decir, la identificación de variedades que se adapten a estos tipos de suelos sin necesidad de utilizar grandes cantidades de cal y abonos.

### RECOMENDACIONES

Lo que sigue no son recomendaciones definitivas, sino más bien algunas sugerencias que bien podrían enmarcar las posibles soluciones y áreas de investigación, para resolver los problemas que confrontan los Oxisoles de los Llanos Orientales de Colombia.

1. Controlar la quema de sabanas en las pendientes sujetas a la erosión laminar. Es probable que una quema realizada a fines de la época lluviosa reduzca el riesgo en vista que el pasto tendrá 4 meses para recuperarse antes del comienzo de la siguiente estación lluviosa. Lo ideal sería eliminar completamente la quema en las pendientes pero es poco probable en un futuro cercano a no ser que encontremos sistemas de manejo de praderas naturales que no impliquen su quema. A largo plazo es probable que sea factible el manejo sin quemar, basado en la siembra de pastos en mezcla con la pradera natural o en su reemplazo total por gramíneas y leguminosas adaptadas.

2. Sembrar cultivos anuales únicamente en tierras planas si se piensa en sistemas de manejo tradicionales. En pendientes de más de 0.5% hay que pensar en prácticas especiales de conservación, tales como curvas de poca pendiente combinadas con drenes superficiales estabilizados por siembras de pastos permanentes.

3. Dejar la superficie del suelo cubierta de rastrojo y/o rugosa al entrar el verano para evitar la erosión eólica en la época seca.

4. Sembrar en caballones en tierras planas para reducir el riesgo de pérdidas debidas al encharcamiento eventual en épocas muy lluviosas. Los caballones contribuyen a la remoción del agua superficial y al mismo tiempo protegen a la planta contra el exceso de humedad como consecuencia

de estar sembrada a un nivel superior, Además se prestan para la conducción lenta del agua en las pendientes mediante un control de la pendiente excesiva como fue mencionado en el punto número dos.

Es posible que las pérdidas de nutrimentos por lixiviación se podrían reducir mediante la aplicación de los fertilizantes en el caballon. Es probable que haya bastante más percolación de agua y por consiguiente, más lixiviación en el fondo de los surcos que en el caballón.

5. Fraccionar las aplicaciones de fertilizantes muy móviles en el suelo para evitar pérdidas excesivas en épocas lluviosas, especialmente con respecto al nitrógeno.

6. Aprovechar abonos verdes y cultivos asociados, especialmente leguminosas en épocas de abundancia de agua para proteger mejor al suelo y suministrar nitrógeno y otros elementos en formas orgánicas y menos susceptibles a la lixiviación.

7. Emplear sistemas de labranza mínima para reducir el peligro de erosión eólica y laminar, evitar la degradación física de los suelos, y reducir los gastos de producción, y la necesidad de la maquinaria pesada.

8. Por último pero de ninguna manera de menor importancia, seleccionar especies y variedades tolerantes a la acidez del suelo y eficientes en cuanto a la absorción de nutrimentos, especialmente el fósforo. Hay grandes diferencias entre especies en cuanto a su tolerancia a la acidez, hecho conocido y aprovechado por agricultores tanto comerciales como primitivos durante siglos. Pero las diferencias entre variedades o genotipos de la misma especie son menos conocidas

Figura 1: El Efecto de la Cal sobre pH y  $Al^{+++}$  en un Oxisol

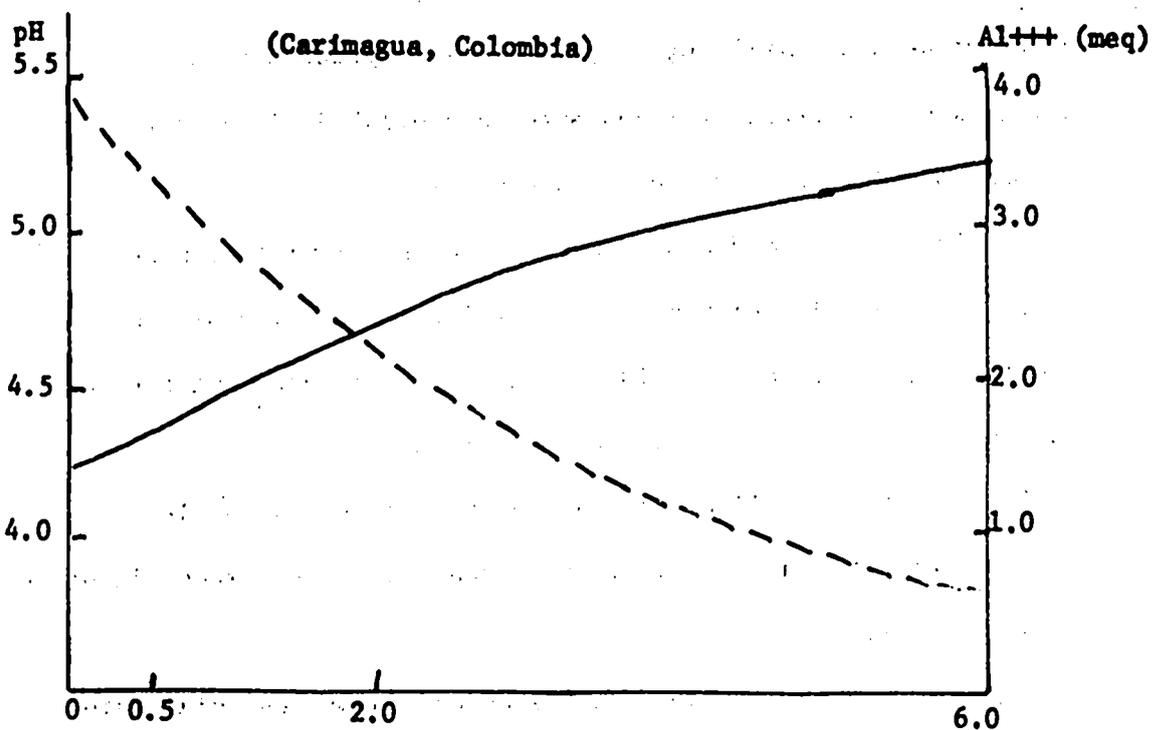
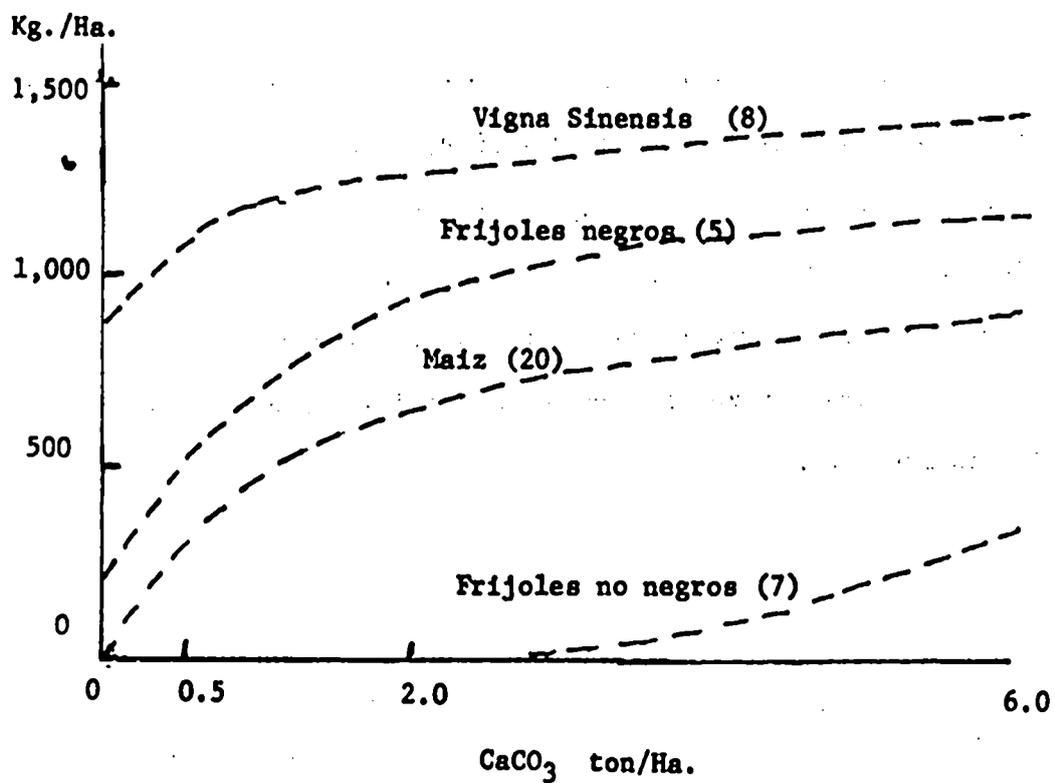


Figura 2: La Respuesta de Diferentes Cultivos a la Aplicación de Cal en un Oxisol (Carimagua, Colombia)



SOIL MANAGEMENT PRACTICES FOR OXISOLS  
OF SAVANNA IN COLOMBIA

ENGLISH SUMMARY

Colombia has depended, up to now, on the valley for agriculture and they have produced enough for their needs; but the time will come when they will have to go to other areas and the most prominent ones they have are the savannas.

The objective of this work is to find management practices adapted to the Llano Orientales of Colombia.

Savanna soils cover 20% of the total area of Colombia which represents about 23,000,000 hectares of land of which 10,000 hectares are accessible and have good drainage; they vary in slope from flat to slopy. The annual rainfall varies from 1,500-2,000 mm with a dry period of 3 to 4 months. The average annual temperature is 26°C with the difference between maximum and minimum of 10-12°C.

These soils have a low fertility, low pH (4.0-4.5), high leaching potential due to drainage, low cation exchange capacity, good structure under natural conditions and clay loam structure.

The whole area is characterized by the lack of infra-structure such as roads but it is penetrable during the summer and partially during the winter. It is not over-populated (very low population density). It is necessary to pay attention to the social problems of the area such as education, health, electricity, communication if they want to develop that region.

A good management practice is one that makes it possible to properly utilize the land conserving it and at the same time improving it so that more food may be produced for the people. It has to go along with the

solution of social and economical problems,

A project covering 20,000 hectares is being conducted by the Instituto Colombiano Agropecuario and the Centro Internacional de Agricultura Tropical. The main objectives of this project is to solve the problems of livestock production and to determine the best management practices for these soils.

Several grass species are under study in an effort to determine their degree of adaptation to the region. The new species of grasses have been able to increase the amount of animals per unit of land ( it generally is 1 animal per 15-20 ha.) and increases the animal weight gain from 15 kg/ha/year up to 100-120Kg/Ha/year. The introduced grass species are: Melinis minutiflora, Hyperhenia rufa; Paspalum plicatulum; Brachiara descumbens, Vrochloa mosambisensis. The legumes species introduced have been : Stylosanthis, guyanensis, Calopogonium, de Desmodium and Kudzu. Stylosanthis is quite competitive. It is to be expected that a well adapted legume will produce enough nitrogen for the benefit of the growing grass species.

Stylosanthes guyanensis is a low nutrient requirement legume coming from Brazil which produces enough forage: It has been estimated that it will give good results in combination with grasses.

Some of the crops under study are : rice (*oriza sativa*) beans and cowpeas, cassava, sorghum and maize. Variable results have been obtained depending upon the crop grown. Iron toxicity has appeared when rice is grown under irrigation; it is shown by a film of iron oxide found around the roots. Aluminum toxicity as well as pyricularia oryzae, has appeared in dry land rice. Several varieties were tried with the same results (Fig. no. 1).

Cowpeas and black beans have given good results with low levels of lime. Other types of beans did not give good results and there was a

great variation among species and varieties (Fig. No. 2).

Cassava responds to the application of 0.5 ton/Ha. of lime but the response was negative when 6.0 ton/Ha and sometimes 3.0 ton/Ha of lime were applied. Of the 140 varieties tested most of them gave good results under natural conditions which indicates them to be good crops for the acid conditions.

Sorghum and maize failed to grow when lime and phosphorus fertilizers were not applied.

Many South American countries have a lot of land under savanna conditions, this land does not contribute very much to the economy of these nations. A lot of input must be used to reduce the acidity of those soils and increase their fertility, it keeps people without land from moving to those areas. It seems to be that the best solution will be to look for tolerant species and varieties for the soil and climatic conditions.

With all these ideas in mind we recommend:

- (a) To eliminate or control the fire.
- (b) to plant annual crops only in the flat areas. Conservation practices are needed in land with more than 5% slope.
- (c) cover the soils during summer
- (d) To plant on the furrow to help the drainage, protect the plant from excess moisture, etc.
- (e) To fractionate the application of fertilizers to reduce losses.
- (f) Green manure application for soil protection
- (g) Minimum tillage to reduce erosion, soil physical degradation etc.
- (h) To select highly soil acidity resistant species and varieties.

All of these are not conclusive recommendations ; they should be thought of as guides for new research.

**PONENCIA GENERAL SOBRE MANEJO DE SUELOS DE SABANA**

Ildefonso Pla Santis \*

**INTRODUCCION**

Existe la idea errónea, de que los suelos de regiones tropicales del mundo son muy fértiles, debido en muchos casos, a lo frondoso de la vegetación que soportan. Lo cierto es que la presión demográfica, y la necesidad de productos agrícolas en zonas tropicales y subtropicales ha hecho necesario extender la agricultura de tipo intensivo a áreas con suelos que presentan problemas especiales de manejo cada vez más difíciles de resolver, o sobre los cuales se tiene escasa experiencia. Entre dichos suelos se encuentran los mal llamados de "sabana" natural o creada con la intervención del hombre, y que se caracterizan por una cobertura vegetal compuesta fundamentalmente de gramíneas, algunas veces asociadas con cierta vegetación arborea, y por ocupar zonas más o menos planas. Dichas sabanas han sido tradicionalmente usadas para pastoreo extensivo.

Aunque las sabanas se presentan sobre una amplia gama de suelos, uno de los grupos de "suelos de sabana" más problemáticos, es el que presenta generalmente un perfil bastante lixiviado hasta cierta profundidad, con arcillas predominantemente del tipo caolinita, con un horizonte superficial delgado y con una acumulación regular de materia orgánica.

---

\*

Instituto de Edafología, Facultad de Agronomía, Maracay, Venezuela.

seguido de un horizonte con acumulación de sesquióxidos hidratados (a veces constituyendo una laterita hidromórfica), que pueden endurecerse irreversiblemente al oxidarse en exposición directa a la fuerte radiación solar de los trópicos. El espesor del horizonte A y los niveles acumulados de materia orgánica dependen mucho de condiciones de drenaje y topografía. La vegetación natural provee una cobertura protectora, mantiene un cierto nivel de materia orgánica, y con su sistema radicular asegura la permanencia de una estructura apropiada en el horizonte superficial. Al mismo tiempo la materia orgánica ayuda a retener los nutrientes y forma complejos con el aluminio libre.

El clima se caracteriza por elevadas temperaturas durante todo el año, y marcada distribución estacional de lluvias, con período seco más o menos largo. Las lluvias, especialmente las iniciales, son muy intensas, con fuertes variaciones erráticas año tras año que provocan a su vez fuertes cambios en los rendimientos de los cultivos.

La fertilidad natural es baja, manteniéndose sólo un cierto nivel en el horizonte A donde la materia orgánica contribuye a una mayor retención de los nutrientes. Bajo vegetación natural se mantiene un equilibrio entre clima, vegetación, y suelo.

La mineralogía del suelo probablemente con predominio de arcillas caolíníticas, no permite mantener una alta estabilidad estructural cuando disminuye el nivel de materia orgánica, y hace que el agrietamiento o formación de fisuras al secarse el suelo superficial sea mínimo. Si la distribución de tamaño de partículas permite la continuidad en las fracciones de arena fina y limo, estas condiciones favorecen a su vez una compactación del suelo superficial.

### INFLUENCIAS DERIVADAS DEL USO AGRICOLA

Cuando se elimina la vegetación natural y se inicia una utilización agrícola intensiva, el suelo superficial sufre una evolución rápida, dadas las condiciones climáticas de los trópicos. En ese caso, el régimen térmico e hidrológico del suelo cambia drásticamente, y tiende a establecerse un nuevo equilibrio ecológico diferente al anterior. En general, la roturación inicial de dichos suelos, que en condiciones naturales muestran cierta compactación, desarrolla generalmente la porosidad e incrementa la actividad biológica, con lo que en los primeros 2-3 años se obtienen a menudo buenos rendimientos. Sin embargo, el nivel de materia orgánica desciende drásticamente, con una baja en la relación C/N, en la estabilidad estructural, y en la misma actividad biológica del suelo superficial. El impacto de gotas de lluvias intensas, de hasta 120 mm/hora y frecuentemente de más de 30 mm/hora, sobre el suelo desnudo, provoca una destrucción de los agregados, separación de material fino, y formación de costras. Esto se hace mucho más marcado cuando ya los niveles de materia orgánica y la actividad biológica han descendido drásticamente. Por este efecto, tasas de infiltración pueden descender de 5-10 cm/hora hasta valores inferiores de 2-5 mm/hora. Con ello aumenta la pérdida de agua por escorrentía, y los peligros de erosión. Esto provoca el arrastre y pérdida de materiales finos (arcilla, limo, humus) de la superficie del suelo y descensos en la capacidad de retención de nutrientes y de agua útil. Con la repetición del proceso las costras se hacen cada vez más espesas, de hasta 2-5 cm. de espesor, formando una capa compacta de suelo en la superficie. Se reduce la penetración de agua y de aire, el desarrollo radicular se dificulta, y con la baja aereación se producen

más ácidos fúlvicos que húmicos a partir de la materia orgánica lo cual repercute a su vez en una menor estabilidad de agregados, y un descenso aun mayor en la actividad biológica. Con las fuertes lluvias iniciales de la estación humedad se pueden producir períodos de asfixia más o menos prolongados en el suelo superficial, si no se provee un buen drenaje externo, a pesar de que la escasa penetración del agua y el rápido secado del suelo superficial desnudo, provocan déficits hídricos cuando se alargan un poco los períodos entre lluvias. En cualquier caso, los efectos de dichos procesos sobre la dinámica del agua en el perfil del suelo son determinantes sobre la agricultura de lluvias en los tropicos, por ser dichas lluvias marcadamente estacionales, intensas y muy irregulares, y por su influencia decisiva sobre el comportamiento de los fertilizantes, en cuanto a transformaciones, movilización, pérdidas, etc.

#### PRACTICAS Y PROBLEMAS DE MANEJO

Es necesario señalar que todos los efectos citados anteriormente pueden sufrir modificaciones en su naturaleza e intensidad, de acuerdo fundamentalmente a variaciones en el suelo original, clima, y topografía, aún dentro de la misma zona tropical y subtropical. De acuerdo con ello, variarán también los requerimientos de manejo para contrarrestar dichos efectos. En cualquier caso, las prácticas de manejo de los suelos deben buscar que en el nuevo equilibrio que se establezca con el uso diferente a las condiciones originales de la sabana, no se alcancen límites peligrosos de deterioro estructural y de descenso de los niveles de materia orgánica, que afecten negativamente la producción de los cultivos al alterar sensiblemente el régimen hidrológico del suelo, impedir la penetración radicular, o bajar la retención

de nutrientes. Aunque existen muchas opiniones, e incluso resultados aparentemente contradictorios, sobre la posibilidad de mantener una agricultura exitosa y estable, con cultivos continuos, sobre "suelos de sabana", debe aclararse que mucho de ello se debe a diferencias determinantes en las condiciones señaladas anteriormente. En algunos casos, el buen manejo de cultivos continuos puede incluso proporcionar los residuos vegetales suficientes para mantener la materia orgánica a un nivel apropiado. Manteniéndose unas condiciones físicas favorables, con una fertilización mineral apropiada, acompañada o no de fertilización orgánica, existe la posibilidad de mantener, en muchos casos, buenos niveles de producción, aún con cultivos continuos.

Como existe generalmente una muy buena relación entre la producción y niveles de materia orgánica, de bases cambiables y de estabilidad estructural, entre las prácticas de manejo deben considerarse la selección de cultivos y variedades, rotaciones, labranza, fertilización mineral y orgánica, barbechos, encalados, riego, drenaje, etc. Sin embargo, en muchos casos, las prácticas culturales sólo pueden contrarrestar la degradación física hasta cierto límite. Si se mantiene la estabilidad de la estructura, una roturación profunda puede eliminar la compactación superficial. Esto no es posible en todos los casos, y puede perderse gran parte del efecto si sobre el suelo ya roturado y aún desnudo, caen lluvias fuertes e intensas. En caso de existir un horizonte B muy pobre, que por sus características físicas y químicas no conviene llevar a la superficie, el laboreo profundo se hallará limitado por el espesor del horizonte A.

En cuanto a las prácticas de laboreo, las relaciones entre ciclos de cultivos y características e irregularidad de las lluvias, hacen que sea

difícil llevarlas a cabo en las condiciones de humedad más apropiadas. Así, al terminar la estación seca el suelo está muy seco y duro, haciéndose difícil la roturación, por la fuerza requerida para ella. Además al roturar en esas condiciones se provoca una pulverización excesiva del material fino del suelo, con lo que se favorece la formación de costras y el arrastre erosivo con las primeras lluvias. La forma muy intensa como se presentan éstas, y lo corto del lapso de tiempo disponible para la preparación de la tierra y siembra, no permiten esperar un período preparatorio de humedecimiento gradual del suelo que favorezca el laboreo posterior. Después del inicio de las lluvias, las condiciones de humedad, especialmente si hay ciertos déficits de drenaje, hacen que no sea posible un laboreo sin peligro de deterioro físico. El uso de maquinaria pesada, con el fin de acelerar los labores en el poco tiempo disponible, complica aún más la situación, Por otro lado la irregularidad en la llegada de las lluvias puede hacer difícil la programación de cultivos que dependen de ellas, provocando a veces la pérdida completa de la siembra.

En conclusión, para el manejo de los "suelos de sabana" hay que considerar las siguientes alternativas:

a. Uso continuo, intensivo, en el cual mediante prácticas de drenaje, riego, laboreo, fertilización, enmiendas, protección contra la agresión del clima, etc., se mantengan combinaciones de condiciones estructurales y nutricionales, sin alcanzar los niveles críticos, para cada combinación de suelo, clima y cultivo. Esto incluye consideraciones en cuanto a tipo de roturación del suelo (más o menos gruesa; más o menos profunda) y a la época para su ejecución, todo ello con el fin de facilitar la penetración y almacenamiento de agua, asegurar un buen desarrollo radicular, y mejorar y proteger las condiciones físicas del suelo frente al efecto degradante del clima. En

algunos casos un cultivo mecanizado bien llevado puede aumentar progresivamente la profundidad del horizonte A, si se combina con incorporaciones de materiales orgánicos. Ello se manifiesta en un aumento de la permeabilidad del suelo superficial y de su macroporosidad y en una reducción de los peligros de erosión; de cualquier forma, el efecto residual del laboreo es mucho menor en climas tropicales que en clima templado. Por ello ha sido perjudicial, en muchos casos, seguir las prácticas comunes de climas templados, especialmente en cuanto a roturación fina del suelo superficial con la rastro.

También se incluyen prácticas de fertilización y enmiendas que favorezcan un buen desarrollo radicular, y una producción abundante de materia vegetal, para su incorporación posterior al suelo, preferiblemente al inicio de la época seca, buscando asegurar la ~~manutención~~ <sup>mantención</sup> de niveles adecuados de materia orgánica.

La protección directa del suelo superficial contra el impacto de las lluvias intensas puede lograrse con cultivos permanentes o semipermanentes, con combinaciones de cultivos estacionales o anuales y árboles, mediante rotaciones apropiadas que mantengan cubierto el suelo en épocas críticas, o mediante coberturas muertas de residuos vegetales durante esas mismas épocas.

b. Combinación de cultivos con etapas de barbecho o de producción e incorporación de abonos verdes. Las etapas de barbecho, llamadas de "descanso" del suelo, más o menos largas según las circunstancias, pueden conducir a una recuperación de la estructura del suelo superficial en períodos relativamente cortos, no ocurre así en el caso de la recuperación de la materia orgánica de otras propiedades químicas. En el caso de "suelos de sabana", originalmente cubiertos de bosque, es difícil recuperar las condiciones

originales en un período de tiempo razonable.

Se ha discutido mucho el uso del barbecho como práctica económica, pues los efectos logrados en períodos largos desaparecen en sólo 2 - 3 años de cultivo intenso y continuo. Debido a ello existen opiniones contradictorias acerca de la necesidad, utilidad y practicabilidad de barbechos cortos o largos, así como del intercalado e incorporación de abonos verdes, cuyos efectos también son poco duraderos.

c. Pastos mejorados o arroz en aquellos suelos en los cuales existen dificultades prácticas y económicas para un drenaje adecuado, o no es posible o práctico mantener una situación de equilibrio físico-químico favorable para una agricultura intensiva. Prácticas de mejoramiento de los pastos naturales, o introducción de especies nuevas, acompañada de aplicación de fertilizantes y de un manejo adecuado del ganado, pueden conducir, en muchos casos, a la obtención de beneficios no muy lejanos a los que se podrían obtener con una agricultura intensiva, especialmente si para ésta hay que recurrir a barbechos. Sistemas mixtos e intercalados de cultivos y pastos son difíciles de manejar.

El que la agricultura a practicar sea con riego convencional, al menos suplementario, o en base a aportes de agua de lluvia, o por inundación en cualquiera de los dos casos, tiene una influencia fundamental sobre los problemas físicos y químicos, y por ello sobre las posibilidades y requerimientos de manejo de los suelos.

En cualquier caso, las prácticas de manejo a recomendar deben estar al alcance del nivel educacional y condiciones socioeconómicas de los agricultores que las vayan a utilizar.

### RECOMENDACIONES

El estado de desconocimiento actual de las posibilidades de uso agrícola intensivo o semiintensivo de las grandes sabanas de los trópicos y subtropicos, así como de los problemas que pueden presentarse con dicho uso y la gran variedad de suelos, precipitación y condiciones socioeconómicas de la agricultura en las diferentes áreas del mundo cubiertas de sabanas, hacen necesario que se intensifiquen las observaciones sistemáticas y estudios en cuanto a:

a. Relaciones generales entre las características del suelo original y clima con los niveles de equilibrio de materia orgánica y estructura de acuerdo a diferentes prácticas de manejo, incluyendo nivelado, laboreo, uso de fertilizantes y enmiendas, rotaciones, barbechos, abonos verdes, riego, drenaje, etc., buscando siempre que no se provoquen efectos perniciosos para la producción actual y futura de los cultivos.

b. Efectos de diferentes coberturas, vivas o muertas, sobre la protección y conservación del suelo superficial en etapas críticas, especialmente contra el impacto de las lluvias intensas y contra la compactación mecánica.

c. Evolución anual del régimen hídrico del perfil de suelo, bajo diferentes prácticas de manejo y coberturas protectoras y su relación con el perfil cultural.

d) Evolución físico-química y de la actividad biológica del suelo bajo diferentes sistemas de manejo, buscando sustituir el uso de barbechos o abonos verdes, mediante factores mecánicos o biológicos asociados con la producción de una agricultura intensiva.

e. Problemas de erosión o de sensibilidad a ella asociados con diferentes prácticas de manejo.

f. Posibilidades o conveniencias de producir cultivos permanentes, semipermanentes, o anuales, de acuerdo a factores técnicos y económicos.

### CONCLUSIONES

El uso agrícola de los mal llamados "suelos de sabana", presentan una gran variedad de problemas de acuerdo a su naturaleza diferente y amplio rango de condiciones de precipitación bajo las cuales se presentan las sabanas. Esto aún se complica más cuando agregamos las sabanas tropicales desarrolladas con la intervención del hombre al deforestar las zonas originalmente cubiertas de selvas más o menos cerradas. La poca experiencia mundial en dicho uso agrícola, especialmente cuando éste es intensivo, lo reducido de los estudios y observaciones realizadas hasta el presente, y el peligro de deterioro irreversible de muchos de esos suelos bajo mal manejo, exigen la realización de observaciones sistemáticas y ensayos en las diferentes áreas que se pretenden poner bajo explotación. Aunque pueden probarse algunas prácticas desarrolladas en climas templados, debe tenerse mucha precaución con ello y no usarlas en forma indiscriminada antes de ver sus efectos bajo las condiciones climáticas agresivas de los trópicos. En muchos casos será necesario elaborar sistemas de manejo y rotaciones completamente diferentes a aquellos.

## GENERAL CONSIDERATIONS ABOUT SAVANNA SOILS MANAGEMENT

ENGLISH SUMMARY

The green color of the Tropical Agriculture makes people believe that most of the tropical soils are very fertile. The real truth about it is that the increase in population following the need for food has made it necessary to extend agriculture to other areas with a lot of increasing problems, which are and are getting more difficult everyday. Savanna soils are included among this group of soils. Most of the savanna areas have been used for grazing in the past.

Although there is a great difference among savanna soils, the most common and the one with the most problems is the one with a leached A horizon over an impermeable Kaolinitic clay layer. This A horizon is very thin and frequently has an accumulation of organic matter. The B horizon is rich in sesquioxides which tend to harden after irreversible oxidation.

The A horizon cannot be seen independent from the vegetation, which provides the condition for a granular structure on the soil surface, and the accumulation of organic matter; at the same time, organic matter makes these soils look better than they really are.

The general climate of the savanna area is hot throughout the year, with a drastic long dry season, with high intensity rainfall (mainly the initial one); changes in rainfall regime year after year should be expected.

Most of the soil has a low fertility and the most common mineral-ogical material is Kaolinitic clay which does not allow a high aggregate stability.

### Agricultural Use and Soil Conditions

The tropical conditions favor a rapid transformation of the A horizon in most of the savanna. Most of the changes can be expressed as: changes in soil hydrological patterns; the first plow causes yield to increase for the first 2-3 years of cultivation due to better porosity and increase in the biological activity in horizon A; decrease in organic matter content, deterioration of aggregate stability, the biological activity in horizon A decreases after 3 years; hard pan formation due to hard intensity rainfall on the open soil, increase in erosion hazard, decrease in water and nutrient holding capacities; lower infiltration rate, higher water losses, etc. All of these effects are detrimental for crop production. All of these effects may change in relation to climate, relief, soil conditions, etc.

### Soil Management Practices

A good management practice must result in reducing the loss of organic matter and aggregate stability. Although continuous cropping is not always good it might bring about an increase in organic matter and improvement in physical conditions depending upon proper soil management, and first of all, on the original condition of the soil. Among the management practices we must pay attention are: crop selection, fertilization liming, fallow, drainage, plow, in relation to the depth of A horizon and B horizon characteristics, etc.

### Recommendations

Due to the lack of knowledge about savanna soil management, the possibilities for those soils to go into production, problems that might come about after cropping; rainfall intensity and distribution, soil variability and social and economical problems of the savanna areas we recommend more research to be carried out on:

(a) Effect of soil management practices such as tillage, levelling, fertilizers, soil amendments, crop rotation, fallow, green manure, irrigation, drainage, etc., on climate, soil organic matter, and original soil characteristics.

(b) Effects of plant cover on soil conservation and soil packing, mainly during critical periods of high rainfall.

(c) Effect on soil management, including plant cover on soil water conditions.

(d) Effects of soil management practices on the physical chemical characteristics of the soils. These management practices should try to substitute green manure for other mechanical or biological practices of crop production.

(e) Effect of soil management practices on soil water and/or wind erosion.

(f) Possibilities to produce perennial, semi-perennial or annual crops according to economical and technical factors.

All these studies must be done with the idea in mind that many of the practices that work in the temperate climates do not work in the tropics and that many times it is necessary to develop new management systems and crop rotation to be adaptable to the tropical conditions.

## MANEJO INTEGRAL DE AGUA EN LA PRODUCCION AGRICOLA

K. Unhanand y J. F. Alfaro \*

### INTRODUCCION

El objetivo final del manejo de aguas para la producción agrícola es el de establecer un ambiente adecuado en la zona radicular del suelo que favorezca el desarrollo de los cultivos para una máxima producción económica. Este ambiente debe reunir ciertas condiciones, las que deben ser satisfechas ya sea si el agua proviene de la atmósfera directamente o es aplicada a los cultivos por medio de sistemas de riego.

El ambiente óptimo varía no sólo con los cultivos sino también con las varias fases de crecimiento de ese cultivo. Por ejemplo, el ambiente óptimo para el arroz es obviamente distinto que el requerido por el cultivo de la caña de azúcar. Al mismo tiempo dentro de los varios estados de crecimiento, el óptimo ambiente radicular será distinto y requerirá un manejo cuidadoso del agua para lograr una máxima producción económica del producto final deseado o sea el azúcar.

En el presente trabajo se discutirán los distintos factores que inciden en un manejo de agua adecuado en la práctica del riego así como también, el drenaje en la producción agrícola, dando un mayor énfasis al drenaje de los suelos de textura fina.

---

\* Profesores del Departamento de Ingeniería Agrícola e Irrigación, Universidad Estatal de Utah, Utah, Estados Unidos de Norteamérica.

### FACTORES QUE INTERVIENEN EN UN MANEJO INTEGRAL DEL AGUA

El manejo de agua para la producción agrícola exige conocer las interrelaciones que existen entre los recursos: clima, suelo, agua y los recursos humanos propios de una localidad o región. Hay que tener en cuenta que por más necesarias y perfectas que sean las obras de ingeniería, el proyecto puede fracazar si es que no se han considerado los requerimientos hídricos con respecto al clima, su disponibilidad de acuerdo a las características físicas de los suelos y la habilidad del agricultor de suministrar el agua en el momento oportuno.

#### El factor Clima

La demanda de agua depende de la energía disponible en el campo para transformar el agua del estado líquido al estado de vapor. De esta manera, la velocidad de evapotranspiración depende de las disponibilidades de energía y de agua. La evapotranspiración potencia, ETP, que ha sido definida en otro trabajo presentado en este simposio (Hargreaves y Alfaro, 1973) de ser considerada como la demanda de agua impuesta a la superficie evaporante de un cultivo por el clima. Para que esta demanda sea satisfecha, el cultivo deberá absorber el agua disponible en el suelo y trasladarla por medio del sistema de conducción de la planta a las hojas en donde se producirá la evaporación.

La capacidad de conducción de los tejidos de las plantas es determinante en el proceso de translocación del agua desde las raíces hasta las hojas o áreas evaporantes. Si la absorción de agua por las raíces es limitada o la capacidad de transmisión del sistema suelo-planta no permite un desplazamiento con la rapidez impuesta por la atmósfera, la planta reducirá la transpiración controlando el grado de apertura de los estómatos. Bajo estas condiciones la evapotranspiración será menor que la evapotranspira-

ción máxima impuesta por las condiciones climatológicas. Por otro lado si la absorción de agua por las raíces es limitada debido a la poca disponibilidad de la misma, el metabolismo de la planta es afectado reduciendo el crecimiento y disminuyendo la producción.

Cuando la demanda impuesta por el clima es suministrada por la planta la evapotranspiración actual,  $E_a$ , es igual a la evapotranspiración máxima,  $E_{Tm}$ . Por otro lado cuando la evapotranspiración máxima impuesta por el clima es mayor que la capacidad de transmisión del sistema suelo-planta,  $T_{sp}$ , la evapotranspiración actual será igual a esta razón de transmisión.

En resumen

cuando  $T_{sp}$  mayor que  $E_{Tm}$

$$E_a = E_{Tm} \quad (1)$$

y cuando  $T_{sp}$  menor que  $E_{Tm}$

$$E_a = T_{sp} \quad (2)$$

La evapotranspiración potencial, ETP, puede ser calculada siguiendo el método presentado por Hargreaves y Alfaro (1973). La evapotranspiración máxima,  $E_{Tm}$ , puede ser igual a la potencial para ciertos cultivos cuando alcanzan el máximo grado de cobertura. En este estado de máxima cobertura otros cultivos pueden tener un valor superior a la ETP. La caña de azúcar, por ejemplo, cuando se encuentra cubriendo completamente la superficie del suelo tiene una evapotranspiración máxima igual a 1.25 ETP. Esto se debe a que la ETP es calculada para cultivo de poca altura. Es necesario hacer notar que aún en cultivos de poca altura que reúnen las condiciones especificadas por la ETP, los valores difieren debido a un distinto valor del albedo.

Un análisis del clima deberá indicar el grado de deficiencia hídrica para los cultivos, de manera que el agua efectiva de lluvia pueda suplementarse con el riego, para suministrar el agua requerida por los cultivos de

acuerdo a la demanda impuesta por el clima.

### El Factor Suelo

El suelo en el cual se desarrollan los cultivos debe ser considerado como la parte del perfil donde se desarrollan y crecen las raíces de las plantas. De esta manera la profundidad activa del suelo,  $D$ , deberá corresponder a la profundidad efectiva de las raíces,  $d$ .

La profundidad efectiva de las raíces en general es de carácter genético pero muchas veces las condiciones físicas del suelo impiden que éste se desarrolle al máximo no permitiendo un desarrollo completo del sistema radicular, a manera de ejemplo podemos citar un nivel freático alto, o estratos impermeables muy compactados en el perfil del suelo.

La textura, la capacidad de retención de agua en el suelo y el movimiento de la misma en el perfil, son propiedades que deben considerarse. La capacidad de retención de agua en el suelo tiene un límite máximo muchas veces conocido con el nombre de Capacidad de Campo, y un límite de uso mínimo conocido como el punto de marchitez permanente. La diferencia entre estos dos límites es el agua aprovechable para la planta.

El grado de disponibilidad del agua aprovechable varía, siendo más disponible o de más fácil extracción cuando el suelo se encuentra en su estado de máxima retención. En general la producción de cosechas es mayor cuando el contenido de agua promedio de la zona radicular se mantiene cerca de este nivel máximo, manteniéndose una transmisión de agua óptima en el sistema suelo-planta, de manera que la demanda de agua impuesta por el clima puede ser satisfecha sin alterar el metabolismo celular con lo que se obtiene un desarrollo y la producción no disminuye o al contrario puede aumentar.

El ambiente de la zona radicular requiere además de disponibilidad de

agua, una adecuada porosidad que permite el fácil intercambio de los gases, principalmente oxígeno y  $\text{CO}_2$ . Si el suelo tiene una baja capacidad de infiltración (velocidad con que agua atravieza la superficie), el agua se encharcará en la superficie y ésto origina problemas de drenaje superficial. Por otro lado, la baja conductividad hidráulica o facilidad de conducción del agua dentro del perfil produce problemas de drenaje interno. En suelos pesados normalmente se encuentra que tanto la infiltración como la conductividad hidráulica es lenta lo cual hace necesario el drenaje interno y el superficial.

En regiones tropicales de intensa precipitación intercalada con horas de intenso calor, la superficie del suelo se resquebraja produciéndose grietas profundas. Este proceso de agrietamiento hace que los agregados se separen; esto requiere fuerzas de tal magnitud que las raíces se rompen. Si las plantas tienen un sistema radicular extenso como el de las gramíneas, se produce un requebrajamiento en la capacidad de las plantas para absorber y/o transmitir el agua requerida por la alta demanda del clima caliente, lo cual produce la muerte de las plantas. Esta es una de las razones por lo que la vegetación nativa de los suelos pesados de sabana en los trópicos está formada en su mayoría de pastos con muy poco arboles.

### El factor Agua

Deberá estudiarse el agua desde el punto de vista de su cantidad y calidad. La cantidad de agua requerida depende de las características del clima, del área por regar, del plan de operación de riegos y de la calidad del agua misma.

La cantidad es afectada por la calidad en la medida que los requerimientos para la lixiviación aumentan; ésto es más importante en las zonas áridas donde existe el peligro de salinidad debido a las sales disueltas en

el agua.

### El Factor Humano

Todos los factores antes mencionados dependen en su mayor o menor grado del factor humano. La necesidad de alimentos requiere una agricultura intensiva que demanda el mejor uso de los recursos naturales y el hombre es capaz de satisfacer esta exigencia. Esto infiere una infraestructura agrícola que permita la capacitación del agricultor y de profesionales técnicos para la evaluación de los recursos del país y la formación de planes de manejo integral de acuerdo a la capacidad técnica y económica de la sociedad agrícola, dando siempre lugar a innovaciones a medida que se progresa.

El aspecto económico es muy importante y difícil de evaluar, ya que existen ventajas que no siempre se consideran en estudios económicos. El progreso agrícola por ejemplo puede no traer consigo evidentes ventajas económicas pero una mejora en la calidad de vida debe considerarse como un adelanto que indudablemente resultará en el futuro en una mejora de la economía de la región.

### DRENAJE DE SUELOS PESADOS

El drenaje de los suelos pesados es más complicado que el drenaje de los suelos de textura liviana debido a la necesidad de un drenaje superficial eficiente, causado por la lenta velocidad de infiltración característica de estos suelos, y a la necesidad de instalar los drenes a un espaciamiento corto como consecuencia de una baja conductividad hidráulica.

En los suelos arcillosos pesados sometidos a cambios de temperatura, el desplazamiento del agua se lleva a cabo principalmente a través de las grietas que se forman. Este movimiento de agua es rápido al principio y disminuye a medida que las grietas se saturan. Es debido a esto que suelos

pesados de pobre estructura requieren muchas veces un espaciamiento de dos metros para que el drenaje sea efectivo. El costo de construcción de un sistema de drenaje de esta naturaleza resultaría prohibitivo (aproximadamente 8,700 dólares por hectárea). Al menos que disponga de un sistema mas económico, la alternativa sería el mejorar la estructura del suelo para permitir mayores espaciamientos. La estructura de estos suelos han sido mejoradas en la práctica por medio de arados profundos, desmenuzamiento profundo o subsolado, y por medio de agentes químicos solos o en combinación con métodos mecánicos.

Las lluvias frecuentes en zonas húmedas obstruyen las operaciones agrícolas debido a la permanencia de agua libre en la superficie; por lo tanto es conveniente la eliminación rápida de estas aguas. Debido a la lenta infiltración de los suelos arcillosos pesados, una cantidad pequeña de agua será absorbida en el perfil. El agua sobrante deberá ser eliminada de la superficie ya sea por medio de drenaje superficial o aumentando de alguna forma el desplazamiento del agua al interior del perfil del suelo hacia drenes enterrados.

La evapotranspiración constituye una forma de drenaje en regiones húmedas sin riego y en especial en aquellas de clima caliente. Así en regiones tropicales y subtropicales caracterizadas por lluvia de alta intensidad y alta evapotranspiración, un drenaje superficial combinado con una adecuada preparación de terreno constituye una práctica adecuada. En zonas bajo riego el drenaje superficial podría ser combinado con drenaje interno manteniendo el nivel freático a una profundidad mayor.

Los siguientes métodos de drenaje de suelos pesados han sido utilizados con varios grados de éxito:

#### 1. Drenaje superficial

Cualquiera de los métodos tradicionales de drenaje superficial puede

ser aplicado para el caso de suelos arcillosos pesados. El emparejamiento de la superficie del terreno y la nivelación de estos suelos son importantes prácticas para evitar el encharcamiento que puede ocurrir debido a la lenta infiltración.

Debido a que un considerable movimiento de agua ocurre en el estrato arado, una práctica conveniente sería el extender el relleno de los drenes enterrados hacia la capa arada para así facilitar la eliminación de las aguas superficiales. En donde la precipitación es baja, menos de 600 mm., el desmenuzamiento profundo favorece la infiltración. En regiones en donde la precipitación es muy alta para ser controlada con el método de subso-lado, este método puede usarse en combinación con drenaje por tubería u otros métodos.

El drenaje superficial por medio de fajas angostas con acequías a los lados no es aconsejable para una agricultura que requiere el uso intensivo de maquinaria agrícola moderna; al mismo tiempo se ha encontrado que es posible una disminución en el rendimiento de las plantas cercanas a estas acequías. Un espaciamiento mayor de 30 a 50 metros con una profundidad de arado de 40 centímetros es más práctico para el tráfico de maquinaria. Una modalidad de este método de acequías superficiales paralelas es la de emparejar la superficie de la franja y nivelarla del centro hacia las acequías con una pendiente de 1%. El espaciamiento en este caso es de 60 a 100 metros con una profundidad de arado de 50 a 70 centímetros. La desventaja de este último método es el costo de nivelación y emparejamiento que se debe realizar cada año. Además las acequías superficiales muchas veces no tienen la capacidad para drenar el agua contribuida de la franja sobre todo en el caso de suelos de poca infiltración.

## 2. Método Combinado de Drenaje Superficial y por Tuberías

En un experimento realizado en el campo para evaluar comparativamente la efectividad del drenaje superficial y del drenaje subterráneo por medio de tuberías en suelos de textura fina, Schab et al (1963) encontró que con excepción de las condiciones con antecedentes de alta humedad ambos sistemas dieron los mismos resultados. El suelo desde el punto de vista de su permeabilidad fue clasificado como "lentamente permeable". El resumen del experimento se presenta a continuación:

a. De acuerdo a los datos de flujo la combinación de drenaje superficial con drenaje por tubería dió los mejores resultados.

B. El drenaje por medio de tubería a nivel enterradas resultó igualmente efectivo que el drenaje superficial.

c. El drenaje superficial redujo aproximadamente el 43% del drenaje subterráneo por tuberías y éste redujo aproximadamente la misma cantidad de agua de escorrentía.

d. El nivel freático bajó de nivel en los tres primeros días después del riego aproximadamente en la misma proporción, tanto para el drenaje superficial como para el drenaje de tuberías, aproximadamente 16 centímetros por día. En el caso del drenaje combinado de superficie y tuberías el nivel freático disminuyó en un promedio de 21 centímetros por día. Los resultados aparecen gráficamente en la figura No. 1.

## 3. Método Combinado Subsulado o Arado Profundo y Drenaje por Tubería

El desmenuzamiento profundo del suelo por subsulado tiene por objeto el aumentar la velocidad de infiltración del agua a través de la superficie del suelo, mejorar el movimiento de la misma en el perfil del suelo y aumentar la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo.

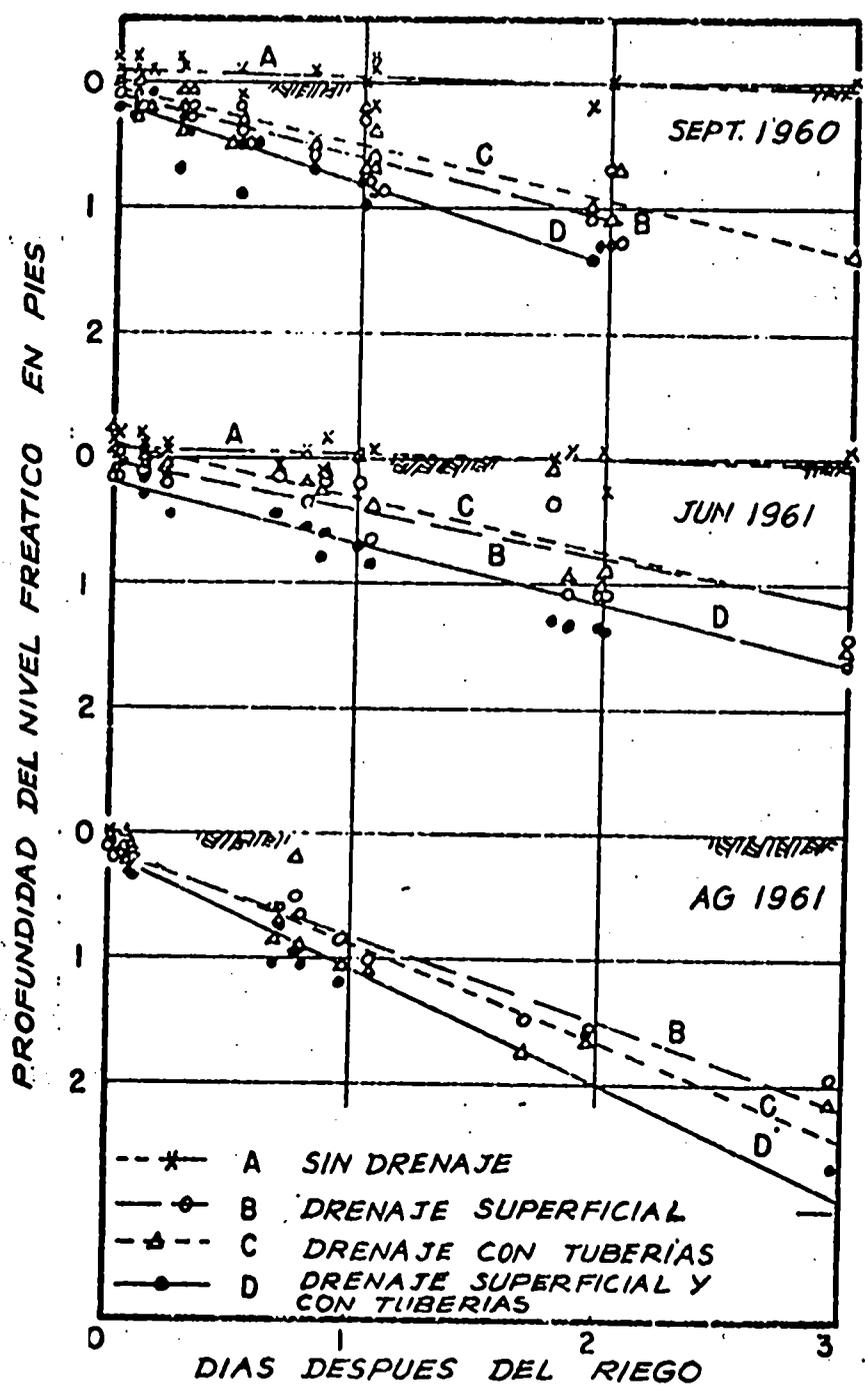


Figura 1. RECESIÓN DEL NIVEL FREATICO DESPUES DEL RIEGO.

El arado profundo de un suelo tiene por objeto el desmenuzar y voltear el suelo de la parte profunda hacia la superficie. El arado debe ser por lo menos de 60 centímetros de profundidad y es aconsejable en el caso de un suelo compacto saturado, de alto contenido de arcilla encima de un estrato permeable el que se encuentra a la profundidad del arado.

Con el metodo de "subsulado" el suelo es desmenuzado por la accion de un implemento como el "subsolador". La profundidad de subsolacion debe ser por lo menos de 80 centímetros con un distanciamiento entre las pasadas del subsolador suficiente como para producir un traslape en la superficie del suelo suelto tal como se ilustra en la figura 2.

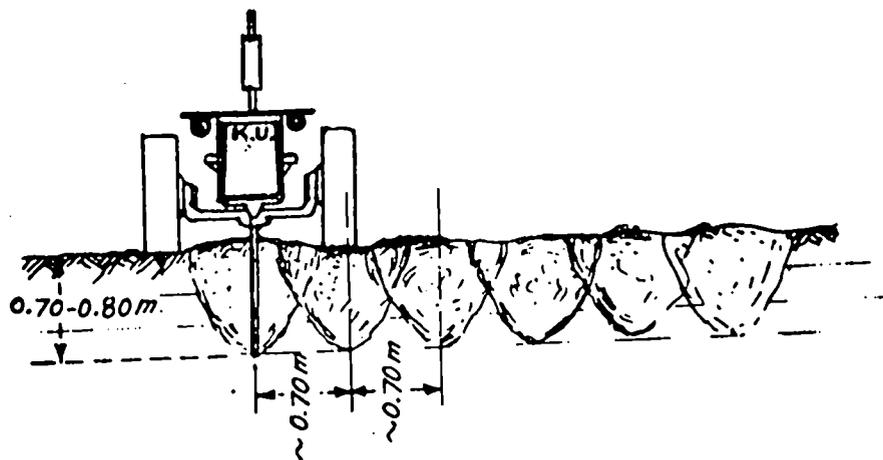


Figura 2. SUBSOLACION PROFUNDA

En el caso de que por debajo del suelo pesado se encuentre un estrato de alta permeabilidad, puede ser suficiente el empleo del método de subsolado o del arado profundo para soltar la capa impermeable, sin el uso de tuberías de drenaje. Ambos métodos requieren el uso de un tractor de 100 a 125 HP para operar el arado o el implemento para subsolar. Es de esperarse que el arado profundo sea efectivo por 30 años, en cambio el desmenuzamiento del suelo por medio de subsolado tendrá una efectividad por 15 años. (Baitsch y Rieser, 1970).

El método combinado de drenaje superficial con el desmenuzamiento profundo por medio de subsolado o arado ha sido utilizado por siete años en la República Federal de Alemania para drenar y mejorar grandes extensiones de suelos pesados.

En Inglaterra la subsolación es una práctica bastante común. El subsolador se usa a profundidades de 50 a 60 centímetros necesitando tanta potencia como la requerida para operar un arado torpedo para el drenaje libre o "topo" del que se tratará más adelante. En combinación la subsolación es hecha sobre los drenes enterrados con el objeto de hacer los costos de drenaje más económicos (Trafford, 1970). Cuando el espaciamiento entre los drenes es de 20 a 60 metros tanto el dren libre o "topo" como la subsolación pueden ser utilizadas. En cambio si el espaciamiento es de 60 metros o más es aconsejable el uso del drenaje libre.

Bardaji (1970) informó un exitoso uso de la combinación de subsolado con acequías profundas de drenaje y tuberías enterradas. El método es muy usado en la zona de mejoramiento de suelos pesados en España. Un tractor de 125 HP es necesario para impulsar un subsolador con tres cortadores espaciados a 90 centímetros a una profundidad de 80 centímetros

El costo inicial del método combinado de subsolación o arado profundo con drenes subterráneos depende principalmente del espaciamiento entre los drenes, es puede variar entre 30 a 80 metros (Trafford, 1970, recomienda un espaciamiento máximo de 60 metros). Los costos de los sistemas de drenaje usando este método combinado aparecen en las tablas 1 y 2.

#### 4. Combinación drenaje libre o "topo" con Drenaje en Tuberías

El drenaje libre o "topo" sin colectores de tubería ha sido utilizado para drenar suelos de textura pesada por más de un siglo. Debido al costo prohibitivo del drenaje subsuperficial con tuberías enterradas, muchos países sobre todo los de gran adelanto técnico y económico están usando actualmente el sistema de drenaje libre o de topo. Este sistema sin embargo, tiene una relativa corta duración y cuando se usa sin tuberías colectoras de desagüe su construcción es bastante lenta.

Cuando este sistema se usa combinado con tuberías colectoras, el drenaje por tuberías se construye de manera que el material de filtro, comúnmente grava, se extienda aproximadamente hasta 30 centímetros por debajo de la superficie del terreno. El dren "topo" se construye por encima de la línea colectora tal como se muestra en la figura 3. Los colectores reciben las aguas del dren "topo" y las llevan hacia una acequia de drenaje abierta o a una línea colectora principal para el desagüe. De esta forma los drenes "topo" descargan las aguas de drenaje directamente en los filtros de grava eliminándose la necesidad de construir drenes de salida para estas líneas. La combinación de drenaje libre o "topo" con líneas enterradas resultará en un sistema menos costoso y de construcción rápida ya que no habrá necesidad de construir un sistema de desagüe para los drenes "topo".

**TABLA 1. Costo del Sistema Combinado de Arado Profundo y Drenaje con Tuberías.\***

Espaciamiento de Tuberías Metros	Costo en 30 Años \$ por Ha	Costo Anual (Interés: 5%)
30	1028	66.92
40	830	54.02
50	713	46.42
60	635	41.32
70	573	37.62
80	535	34.82

\*Datos: Costo de cada operación = \$240/ha  
 Frecuencia de operación = 30 años  
 Costo del dren de tuberías = \$2.30/metro  
 Vida Util = 30 años

**TABLA 2. Costo del Sistema Combinado de Subsólación y Drenaje con Tuberías\***

Espaciamiento de Tuberías Metros	Costo en 30 Años \$ por Ha	Costo Anual (Interés: 5%)
30	1180	70.57
40	990	57.67
50	873	50.07
60	795	44.97
70	738	41.27
80	695	38.47

\*Datos: Costos de cada operación = \$200/Ha  
 Frecuencia de operación = 15 años  
 Costo del dren de tuberías = \$2.30/metro  
 Vida util = 30 años

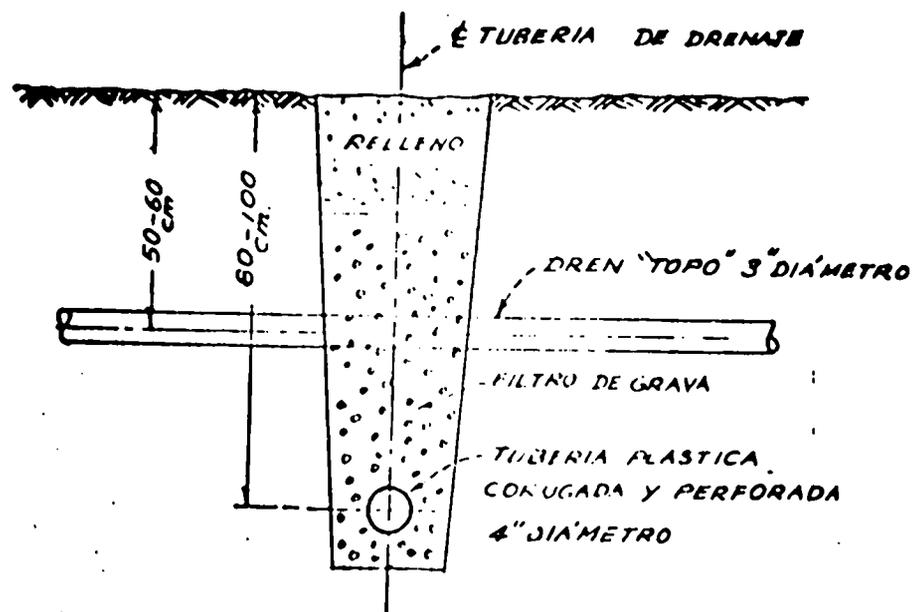


Figura 3. SISTEMA TÍPICO DE DRENAJE COMBINANDO EL METODO "TOPO" Y TUBERIAS ENTERRADAS

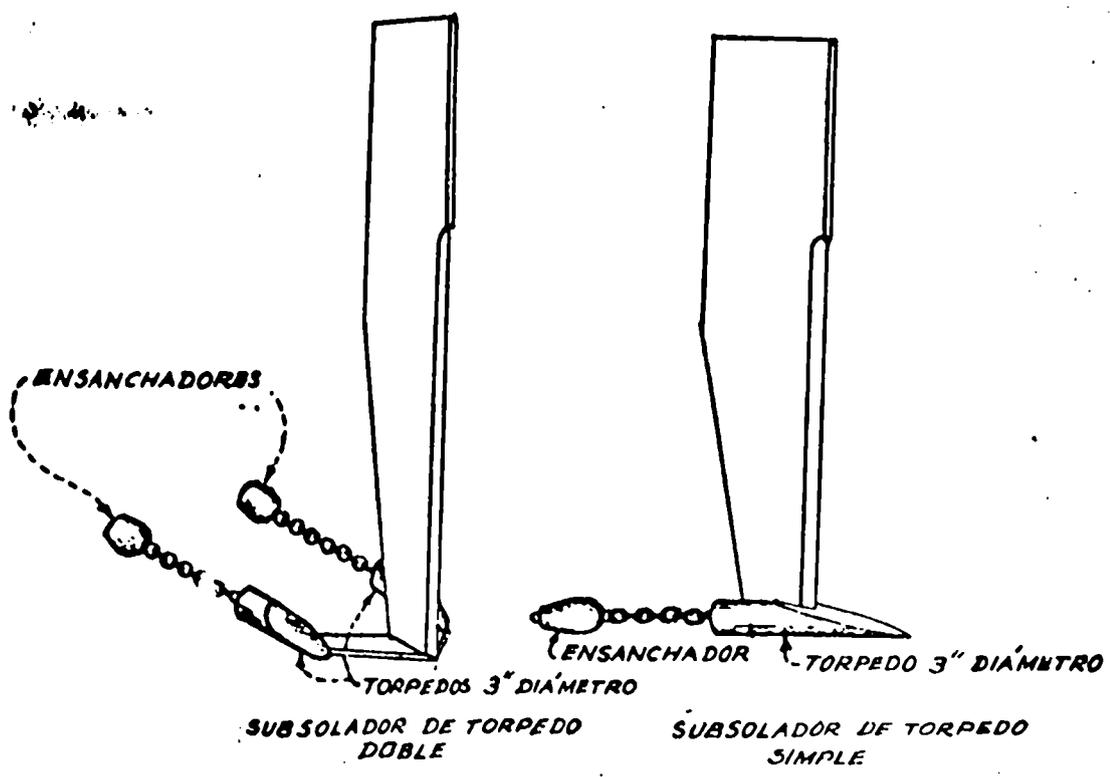


Figura 4. SUBSOLADORES CON TORPEDO SIMPLE Y DOBLE PARA DRENAJE DE "TOPO"

El conducto libre o "Topo" es construido por medio de un subsolador con torpedo el cual se desplaza en el suelo a una profundidad de 50 a 60 centímetros formando por compresión en el suelo pesado, un conducto cilíndrico de 8 a 10 centímetros de diámetro. Este tipo de subsolador especial no sólo construye el conducto topo sino también que forma numerosas grietas en el suelo las cuales mejoran la infiltración del agua y la conductividad hidráulica.

Se conocen dos tipos de subsoladores para la construcción del drenaje de "topo", el subsolador con un solo torpedo el que produce un conducto "topo" a la vez; y el subsolador de torpedo doble, el que construye dos conductos al mismo tiempo. El subsolador de un solo torpedo ha sido usado por muchos años, en cambio el subsolador con torpedo doble está en proceso de desarrollo y está siendo estudiado por la Universidad del Estado de Utah **se espera** que el torpedo doble produzca sistemas de mayor duración que los construidos por el torpedo simple (Unhanand, 1972). Figura 4, muestra esquemáticamente los componentes de los subsoladores de torpedo simple y doble.

Los subsoladores "topo" pueden ser desplazados por medio de tractores Agrícolas de 100 HP. Los subsoladores de torpedo doble requieren más potencia que el subsolador de torpedo simple. Ensayos realizados en la Universidad del Estado de Utah, Estados Unidos, por Unhanand (1972) indican que para desplazar un subsolador de torpedo simple en suelos pesados de 53% de arcilla y 47% de limo, se requiere aproximadamente una fuerza de 2,000 kilogramos para una profundidad de 53 centímetros con un torpedo de 3 pulgadas de diámetro cuando el contenido de agua del suelo fué 26% (en base seca). Una fuerza de esta magnitud puede ser proporcionada por un tractor agrícola. Debe tenerse en cuenta, sin embargo, que cuando la superficie del terreno está húmeda no se obtiene una buena tracción, las condiciones óptimas serían

de un subsuelo húmedo preferiblemente por encima del límite plástico pero la superficie seca.

A continuación se da información útil pertinente a este método de drenaje:

a. Tipo de suelo apropiado: Contenido de arcilla mayor del 40% y no más de 20% de arena (preferible menos de 10%); sin rocas.

b. Profundidad: Para pastos 50 cm. como mínimo. Para tierras cultivables la profundidad mínima sería de 60 cm.

c. Espaciamiento de los drenes libres o "topos" ; 2.00-3.00 metros.

d. Diámetro del dren libre o "topo" : 8-10 cm.

e. Condiciones óptimas: la arcilla en condición plástica. Si el suelo está muy húmedo el dren no será uniforme y con poca estabilidad. Si el suelo está muy seco se necesitará mayor fuerza para desplazar el torpedo.

f. Longitud y pendiente: El dren libre o topo operará mejor con pendientes del 1 a 2%. Por debajo del 1% drenes no se desagüan con facilidad y retienen humedad debilitando las paredes del conducto. Pendientes mayores del 6 - 7%, causarán erosión de los drenes.

La longitud recomendable para el dren "topo" variará de acuerdo al tipo de suelo, pendiente y el tamaño del área a drenar, el peligro de erosión, las longitudes en terrenos de pendientes mayores del 3% deben ser reducidas para así reducir el volumen total y velocidad de flujo.

Como guía se preparó la siguiente relación entre longitud y pendiente adaptada de Hudson et al (1962) y del "Soil Conservation Service" (1972).

Pendiente %	Longitud de pendiente Metros
0 - 1	30 - 60
1- 2	60 -100
2 - 3	100 -120
3-- 6	120 -210

g. Velocidad de desplazamiento: 2 a 4 kilómetros por hora

h. Profundidad de las tuberías de drenaje: mínimo 20 a 30 centímetros por debajo del dren "topo"

i. Espaciamiento entre tuberías: 30 - 50 metros.

j. Material de filtro: grava, arena gruesa u otro material granular

El Bureau of Reclamation de los E.E.U.U. da el siguiente criterio para la grava

Material Uniforme,  $\frac{D50 \text{ filtro}}{D50 \text{ Base}} = 5 \text{ a } 10$

Material mezclado,  $\frac{D50 \text{ filtro}}{D50 \text{ base}} = 12 \text{ a } 58$

k. Vida útil: 3 a 15 años

Los costos del sistema combinado de drenaje libre o "topo" con drenes de tuberías aparecen en la tabla 3.

Tabla 3. Costo del Sistema Combinado de Drenaje Libre o "topo" con Drenaje en Tuberías. \*

Espaciamiento de Tuberías Metros	Costo en 30 años \$ por Ha.	Costo Anual (Interés : 5%)
30	970	59.06
40	770	46.16
50	653	38.56
60	575	33.46
70	520	29.76
80	475	26.96

\*Costo del dren libre, \$60/Ha; frecuencia de construcción del dren "topo", 10 años; espaciamiento 2.00 metros; costo tubería \$2.30/M; vida útil 30 años

Una investigación sobre la efectividad del sistema de drenaje combinando los drenes libres o "topo" con tuberías enterradas se realizó en la granja experimental de drenaje de la Universidad del Estado de Utah, en 1972. El experimento consistió de tres repeticiones de tres tratamientos. En el tratamiento uno las tuberías se instalaron a 1 metro de profundidad con un espaciamiento de 40 metros sin drenaje libre o "topo". En los tratamientos dos y tres la tubería se instaló como en el tratamiento uno pero con drenes "topo" simples y dobles espaciados a 1.80 metros. El promedio de receso del nivel freático se muestra en la tabla No. 4.

Tabla 4. Recesión del nivel freático como resultado de varias modalidades drenaje.

Tipo de drenaje	Días Después del riego para una recesión de *	
	30 cm	45 cm
1. Tubería a 1 metro de profundidad espaciadas a 40 metros	6.5**	10.6
2. Tuberías como en el caso 1 con drenes "topos" simples a 53 cm. de profundidad espaciados a 1.80 metros	2.5	4.0
3. Tuberías como en el caso 1 con drenes "topos" dobles a 49 cm. de profundidad espaciados a 1.80 metros	3.3	5.9

\* Medido en el punto medio

\*\* Encharcamiento superficial se observo en area de drenaje por tubería únicamente en los dos otros primeros días.

NOTA: Suelo: 53% de arcilla, 47% de limo. Posición del nivel freático: casi horizontal.

### 5. Combinación de Arado Profundo Subarado y Drenaje "Topo"-Tuberías

Szabo y Szekrenyi (1970), informaron sobre los siguientes métodos:

a. Método 1. El drenaje "Topo"-tubería es usado en terrenos de pendiente de 1 a 3% con un índice de plasticidad del suelo de 20-22% y con un contenido de arcilla mayor del 25% como se muestra en la Figura 5. Los drenes colectores son de terracota o material plástico de 10 a 15 cm. de diámetro. El material filtro es grava mezclada (de varios diámetros)

Los drenes topo son construidos por medio de maquinaria Hungar (Hungarian Draining Machine, FUD), la cual empareja las irregularidades del terreno. La maquinaria es impulsada por medio de un tractor de 90 HP.

b. Método 2. Para terrenos ligeramente ondulados sin pendiente con el suelo de características similares al método 1, el sistema que se muestra en la figura 6 es usado. Este método requiere el uso de maquinaria equipada con subarador el que desmenuza una porción del suelo en una forma de V y simultáneamente construye un conducto "topo" de 5 cm. de diámetro. El material de filtro no es grava seleccionada pero el suelo se mezcla con CaO en una proporción de 12Kg. CaO por metro cúbico de suelo.

Este método ha resultado muy efectivo y económico para drenar suelos ácidos con poco contenido de Ca.

### 6. Métodos Químicos.

Substancias químicas han sido empleadas para mejorar la conductividad hidráulica de los suelos o como acondicionadores. Este método ha sido discontinuado por razones económicas.

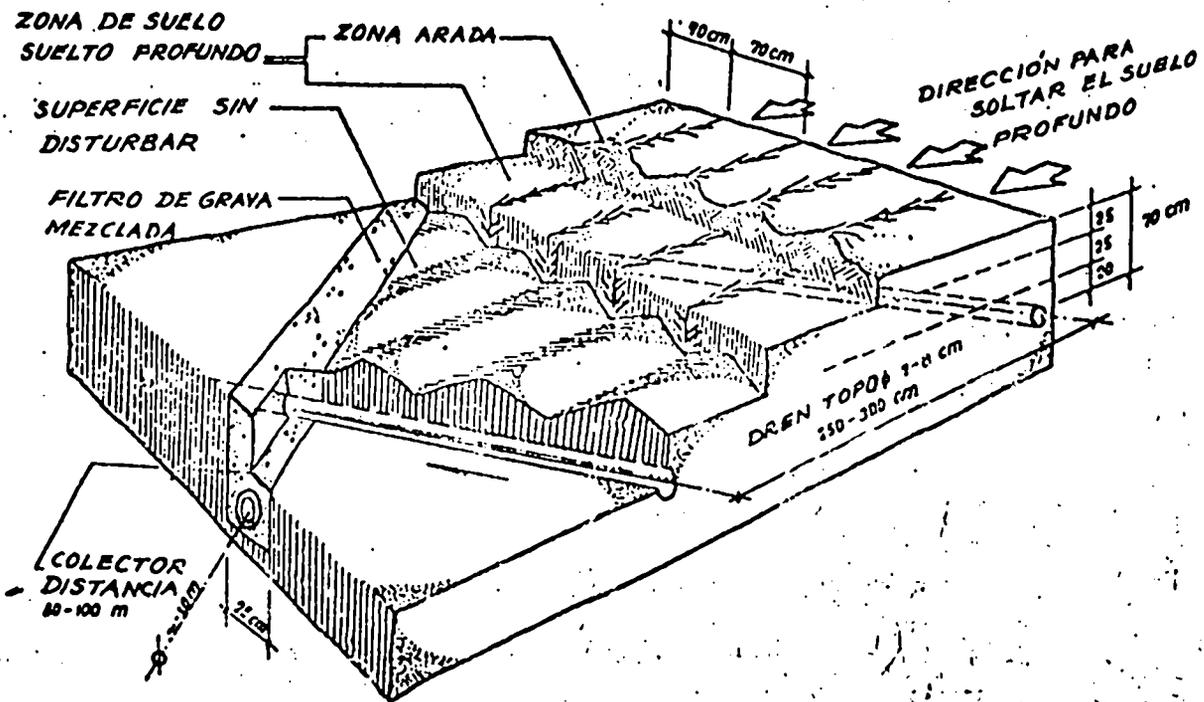


Figura 5. DESMENUZAMIENTO PROFUNDO CON DRENAJE DE "TOPO" Y DE TUBERIAS ENTERRADAS

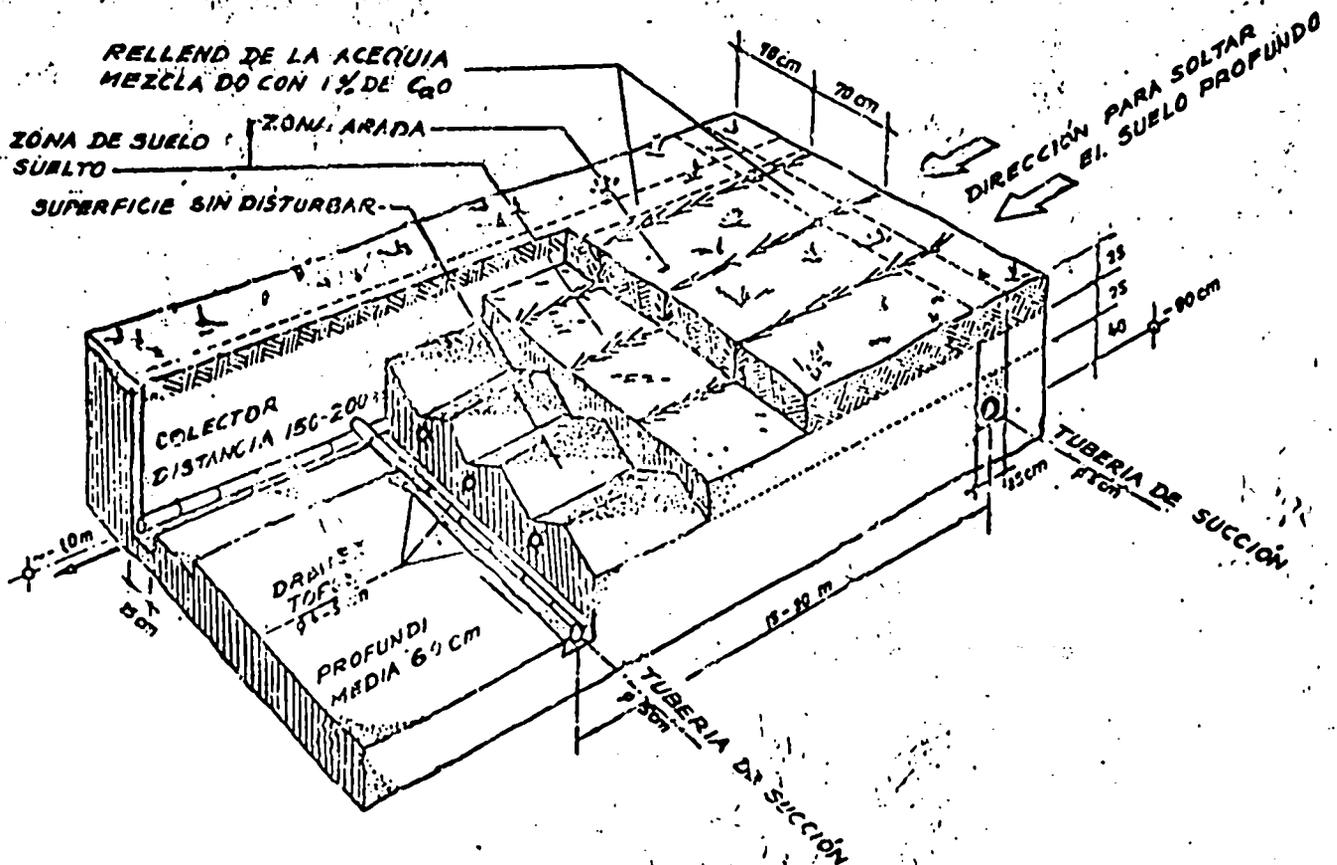


Figura 6. DESMENUZAMIENTO PROFUNDO CON DRENAJE DE "TOPO" Y TUBERIAS ENTERRADAS CON RELLENO MEZCLADO CON CAL (CaO).

## INTEGRATED WATER MANAGEMENT IN AGRICULTURAL PRODUCTION

ENGLISH SUMMARY

The final objective in water management for agricultural use is to provide a proper environment for root development. This must fulfill certain requirements that must be satisfied by any type of water used by the crops. The optimum environment requirements will vary with the crop and also with the stage of development of each crop.

The main objectives of this study are to discuss the different factors involved in proper water management in irrigation and drainage practices. Most emphasis is placed on drainage when dealing with fine texture soils.

What are these factors?

It is necessary to know the interrelationships among climate, soils, water and human resources of the region before designing the water management practices to be used. Most of the engineering work, no matter how perfect they are, will fail if no attention is paid to those factors.

Climate

Water demand depends upon the amount of energy available to transform water from the liquid state to its vapor state. The speed of evapotranspiration depends upon the availability of water and energy. The evaporation potential, already defined in other papers presented in this symposium (Hargreaves and Alfaro, 1973) can be considered as the demand for water imposed by the climate to the evaporating surface of any crop. Any crop will satisfy this demand only if it were able to absorb that water, translocate it to the leaves where evaporation takes place.

Under a specific demand imposed by the climate, the plants will conduct the absorbed water from the roots to the leaves according to the transmission abilities of the conducting tissues. If any of these factors

(water and conducting activities) fail the plant will control transpiration through stomata opening; if not enough evapotranspiration will be less than that imposed by the climate as a maximum. Any reduction in the amount of available water needed by the plants will cause a disturbance in the plant metabolism that affects plant growth and decreasing yield.

The actual evapotranspiration  $E_a$  is equal to the maximum evapotranspiration,  $E_{Tm}$  when the demand for water imposed by the climate is satisfied by the plants. Summarizing  $T_{sp}$  (Transmission capacity of plant soil system)

$T_{sp} = E_{Tm}$  then  $E_a = E_{Tm}$

$T_{sp} < E_{Tm}$  then  $E_a = T_{sp}$

$T_{sp}$  can be calculated following Hargreaves-Alfaro method.  $E_{Tm}$  can be equal to the evapotranspiration potential for certain crops when they reach the maximum cover, at this point other crops might have greater ETP values. Sugarcane, for example, when covered all the soil has an  $E_{Tm} = 1.25$  ETP.

A climate analysis' main objective is to determine the degree of water deficiency and to know whether supplemental irrigation is needed.

### Soil

It is considered that part of the earth where plant roots grow. The active depth of the soil ( $D$ ) must be equal to the depth of the roots ( $d$ ). Although root depth is a genetic factor it might interfere with some soil conditions such as high water table.

Soil structure, texture, water holding capacities must receive attention. The maximum water holding capacity is known as field capacity sometimes and the lowest point of available water for plants is known as permanent wilting point. The difference between these two points is known

as available water.

Besides having enough water, roots require an environment with adequate porosity for gas exchange,  $O_2$  and  $CO_2$ .

Surface and internal drainage are needed when the soil has low infiltration capacity and low hydrological conductivity; this happens in heavy soils quite frequently.

Soil crackings resulting from high intensity rainfall followed by intense heat, cause root breaking due to the forces involved in soil crackings. If roots are weak and plants are not able to continue growing they die. For this reason the vegetation on heavy soil savannas is grass.

#### Water

The quality and amount of water must be studied. Water requirement depends on climate, area to be irrigated, water quality, irrigation plan, etc.

#### Human Resources

It does not matter how much attention we pay to the other factors if we do not realize that no irrigation system works without people and does not have any objective if it is not done for the social and/or economic benefit of the people.

#### Drainage of Heavy Soils

Draining soils is difficult because superficial close space drains are needed due to low infiltration rate. Some drains are so close that it is not economical unless we try to improve the structure of the soil instead of building drains. This happens mainly with those soils that crack. Deep plow, chemical agents and other methods have been used to improve soil structure.

Evapotranspiration is a means of drainage in humid areas with no irrigation and high temperature. It is probable that in tropical and subtropical regions with intense rainfall and high evapotranspiration, a superficial drainage system and good land preparation might be enough. Internal drainage is needed on irrigated areas.

The most common drainage methods for heavy soils are:

- (a) Superficial drainage including land levelling, pipe drainage; open ditch drainage is not a good practice when agricultural machinery is commonly used.
- (b) Superficial drainage and pipe drainage have provided better results when used in combination. Results are about the same where one method is used (Fig. 1).
- (c) Deep plowing and pipe drainage have given good results for saturated heavy soil. The technique is shown in Fig. 2. Deep plowing might be enough when an impermeable horizon rests on a permeable horizon. Superficial drainage plus deep plowing have been used in Alemaria for seven years to drain heavy soils.
- (d) Free drained (Topo) plus pipe drainage. It is inexpensive. Fig. 3, shows how it is built. Tables 1 and 2 show the cost of drainage by different methods. Use of the last method is becoming popular in recent years. Specifications are given in the Spanish section of this paper.
- (e) Deep plowing and topo drain combination. The drain must be used in soil 1-3% slope, plasticity index 20-22%, clay content more than 25%. Fig. 5.
- (f) Chemical methods: This method has been discontinued because of economic reasons. It consists of using chemicals to improve the ecological conductivity.

REFERENCIAS

1. Baitsch, B. y A. Rieser, 1970, Problems Arising From Draining Heavy and the Introduction of Measure to Improve the Functioning of the Drainage System. FAO; Irrigation and Drainage Paper No. 6. Drainage of Heavy Soils. Rome.
2. Hargreaves, G. y J. F. Alfaro, 1973. Requerimientos Hidricos de ls Region Sudoriental de la Republica Dominicana, Simposium sobre Suelos de Sabana en el Tropico. Santo Domingo, Republica Dominicana, 22-26 de Enero, 1973.
3. Hudson, A. W., H. G. Hopewell, D. G. Bowler, y M. W. Cross. 1962. The Draining of Farm Lands; Massey Agricultural College, Palmeston North, New Zealand.
4. Plamenac, N., B. Pusic y M. Vlahinic, 1970. Problems arising from Draining Heavy Soils and the Introduction of Measures to Improve the Functioning of the Drainage System; FAO: Irrigation and Drainage Paper No. 6, Drainage of Heavy Soils, Rome.
5. Schwab, G. O., T.J. Thiel, G. S. Taylor y J.L. Fous, 1963, Tile and Surface Drainage of Clay Soils; Research Bulletin 935, Ohio Agr. Exp. Sta., Wooster, Ohio.
6. Soil Conservation Service, 1972. National Engineering Hand Book; Section 16, Chapter 4.
7. Szabo, L. Y. B. Szekrenyl, 1970. Problems Arising from Draining Heavy Soils and the Introduction of Measure to Improve the Functioning of the Drainage System. FAO: Irrigation and Drainage; Paper No.6. Drainage of Heavy Soils, Rome.
8. Trafford, B.D., 1970, Problems Arising From Draining Heavy Soils and the Introduction of Measure to Improve the Functioning of the Drainage System. FAO: Irrigation and Drainage; Paper No. 6. Drainage of Heavy Soils, Rome.
9. Unhanand, Komain, 1972, Irrigation and Drainage by Mole System. Progress Report, Dept. of Agriculture and Irrigation Engineering. Utah State University, Logan, Utah.

REQUERIMIENTOS HIDRICOS de la REGION SUD-ORIENTAL  
de la REPUBLICA DOMINICANA

\*

George Hargreaves y J. F. Alfaro

INTRODUCCION

La región Sudoriental de la República Dominicana comprende aproximadamente las dos terceras partes del territorio nacional. Esta región ofrece un potencial agrícola que merece consideración y estudio. La evaluación efectiva del potencial agrícola requiere un estudio cuidadoso en el cual se deben considerar los recursos clima, suelos y aguas. La evaluación del clima desde el punto de vista agrícola indicará los cultivos más apropiados y el requerimiento potencial de agua. El presente trabajo incluye la evaluación del clima en cuanto a las necesidades de riego.

La precipitación en gran parte de esta región es tal que una agricultura intensiva requiere sin lugar a dudas la aplicación de aguas utilizando técnicas de riego que incluyan además de un adecuado diseño de los sistemas, un adecuado plan de manejo del agua. La explotación de las aguas subterráneas deberá ser considerada en gran parte de la región. En las zonas de Bayaguana y Hato Mayor las lluvias parecen ser suficientes para una adecuada recarga de los acuíferos subterráneos.

El presente estudio ha sido preparado sin contar con una información detallada sobre las características y relaciones de los suelos y de los cultivos propios de la región. A medida que esta información mejora, los análisis referentes a las necesidades de riego pueden ser refinados e incluidos en el plan de manejo del recurso agua. La metodología aquí

---

\* Profesores de Ingeniería Agrícola e Irrigación, Universidad Estatal de Utah; Logan, Utah, Estados Unidos.



presentada es sin embargo adecuada para un análisis detallado y completo y puede muy bien ser utilizada en estudios futuros.

### EL CLIMA

La proximidad del océano afecta el clima de la región, manteniendo temperaturas uniformes con valores máximos y mínimos mensuales que oscilan entre dos grados del valor promedio mensual que es de veinte y seis a veinte y siete grados centígrados. La humedad relativa promedio es también estable con valores mensuales que oscilan entre 80 y 85 por ciento.

Las lluvias varían desde aproximadamente 950 a 1,800 mm al año; variación ésta que depende de la localidad, con un promedio general para el área considerada de 1,300 mm anuales. Si se pudiese contar con toda esta lluvia y si la distribución de la misma fuese tal que coincidiera con los requerimientos de agua de los cultivos, habría muy poca necesidad de un riego suplementario. Sin embargo, en esta zona Sudoriental de la República Dominicana la precipitación es deficiente durante cinco a nueve meses del año según la localidad.

### DEFINICION DE TERMINOS

Los términos aquí usados para describir las relaciones entre el agua y las plantas han sido adaptados principalmente de la terminología desarrollada por Christiansen y Hargreaves, los cuales han sido presentados por Hargreaves (3).

Evatranspiración Actual. EtA, es el agua transpirada por los cultivos y aquella evaporada del suelo y de las partes húmedas de las plantas. La evapotranspiración actual varía de acuerdo al clima, cultivo, disponibilidad de agua en el suelo, frecuencia y métodos de riego. Los factores de cultivo que afectan la evapotranspiración actual incluyen el

porcentaje de cubierta vegetal, altura de planta, superficie foliar, albedo y otras características del cultivo. En general, la evapotranspiración actual es limitada además de la disponibilidad de agua en el suelo en la zona radicular del cultivo, por prácticas agrícolas que tiendan a disminuir la evaporación.

Evapotranspiración Potencial. ETP, es la cantidad de agua usada por un cultivo de crecimiento activo de poca altura que se encuentra cubriendo completamente la superficie del terreno y con continuo suministro de agua. La evapotranspiración potencial depende del clima y puede ser estimada de los parámetros climáticos de los cuales los más importantes son la radiación extraterrestre, temperatura, humedad relativa y duración del día. La energía disponible para la evapotranspiración depende de la radiación directa que llega a la superficie y de la energía que es transportada en la masa de aire. Aparte de la energía disponible, la evapotranspiración potencial es afectada por las condiciones que puedan afectar la difusión del vapor de agua. Los factores climáticos no son independientes sino que están interrelacionados de una manera compleja.

Precipitación Confiable. PD, es la precipitación que tiene una probabilidad específica de ocurrencia basada en análisis de datos tomados por un largo tiempo. En los estudios de irrigación se utiliza el 75% de probabilidad o la precipitación que puede ocurrir en tres años si se considera un período de cuatro años. Para ciertos cultivos o condiciones especiales se puede utilizar otro nivel de probabilidad, por ejemplo, bananas es un cultivo muy sensible a la falta de agua y en este caso un nivel de probabilidad mayor sería conveniente.

En este estudio se utilizó la precipitación confiable al nivel de

75% de probabilidad. La relación entre la precipitación confiable y la precipitación media mensual está dada por la siguiente relación empírica:

$$PD = -10 + 0.70 PM \quad (1)$$

en donde PM es la precipitación media mensual en milímetros.

La ecuación 1, es la mejor relación que representa la precipitación del Este de los EEUU, Ecuador, Colombia, Nicaragua y parte de Venezuela.

Índice de Disponibilidad de Agua. MAI, es un índice que indica si la precipitación es adecuada para suministrar el requerimiento de agua de los cultivos agrícolas. Matemáticamente está dado por la relación entre la precipitación confiable y la evapotranspiración potencial calculada de acuerdo a la siguiente relación.

$$MAI = PD/ETP \quad (2)$$

Hargreaves (3) propuso la clarificación de las deficiencias de precipitación de la siguiente manera:

<u>MAI</u>	<u>Deficiencia</u>
0 - .33	Alta
.34 - .67	Moderada
.68 - 1.00	Baja
1.01 - 1.33	Ninguna
mas de 1.34	Exceso de Agua

Déficit de Agua. ETRF, es la cantidad de agua no suministrada por la precipitación confiable para satisfacer la evapotranspiración potencial.

$$ETRF = ETP - PD \quad (3)$$

El déficit de agua puede también ser estimada de los parámetros climáticos. Es un índice de requerimiento de riego pero debe ser considerado conjuntamente con otros factores tales como precipitación efectiva y capacidad de retención de agua del suelo.

Precipitación Efectiva. PEP, es la cantidad de lluvia que penetra al suelo y es retenida en la zona radicular para posterior aprovechamiento por el cultivo. La precipitación efectiva depende de la intensidad de lluvia, capacidad de infiltración del suelo, tipo de cobertura vegetal y profundidad radicular del cultivo. Bajo ciertas circunstancias casi toda la precipitación puede considerarse como precipitación efectiva; bajo otras, gran parte de la lluvia se pierde por escorrentía o percolación profunda por debajo de la zona radicular. El manejo de los cultivos de los campos adyacentes producen variaciones considerables en la efectividad de la precipitación.

La Capacidad de Retención de Agua Aprovechable del Suelo. Es la cantidad de agua almacenada en el suelo el límite máximo de retención en un suelo bien drenado, y el límite mínimo por debajo del cual las plantas no pueden sobrevivir. Estos límites pueden estimarse por métodos convencionales de laboratorio o directamente en el campo determinado gravimétricamente el contenido de agua unos dos o tres días después del riego y cuando las plantas muestran síntomas de marchitez permanente.

#### REQUERIMIENTOS DE RIEGO

Existen una variedad de métodos para estimar los requerimientos de agua de los cultivos. En la práctica, la exactitud y aplicación de estos métodos depende de la similitud de las condiciones climáticas del lugar con las condiciones bajo las cuales se desarrolló la metodología. Pocos son los métodos que pueden usarse efectivamente en lugares en donde existe un gran rango de diferencias de presión de vapor, las cuales son afectadas principalmente por las diferencias en humedad relativa. El "Bureau of Reclamation" de los Estados Unidos recomienda el uso del método

modificado de Jensen y Haire. Este método utiliza las variables climáticas primarias de radiación solar y temperatura, con ajustes para humedad relativa y elevación del lugar (2).

Los métodos de Blaney-Criddle y de Thornthwaite son ampliamente usados en muchos lugares. Ambos se basan en las temperaturas medias mensuales y horas de luz. Modificaciones de estos métodos en zonas de baja humedad relativa o bajo condiciones de humedad bien uniformes han dado buenos resultados. Sin embargo estos métodos no deben ser usados bajo condiciones de humedad relativa variable o por encima del sesenta y cinco por ciento (promedios de 24 horas).

En Pasaje, Ecuador se hizo un estudio comparativo de varios métodos, usando la evaporación medida de un tanque de evaporación clase A instalado en una estación meteorológica de primer orden. En este lugar existe muy poca radiación de convección de manera que la evaporación es un buen índice de la evapotranspiración potencial. El promedio mensual de períodos de 24 horas de humedad relativa varía entre el ochenta y uno al ochenta y ocho por ciento. El resultado de este estudio realizados por Hasan y Jone (4) se presenta en la Tabla 1.

TABLA 1. Valores Mensuales Medidos y Computados de Evaporación y Evapotranspiración en Pulgadas, Basado en los Datos de 1965-1970 en Pasaje, Ecuador.

Mes	E <sub>p</sub>	E <sub>po</sub>	E <sub>ps</sub>	E <sub>pc</sub>	E <sub>o</sub>	U	E <sub>t</sub>
Enero	4.33	4.23	2.77	3.65	3.85	6.72	5.09
Febrero	4.30	4.17	2.67	3.47	3.62	6.07	4.33
Marzo	5.21	4.60	3.09	4.24	4.47	6.71	5.33
Abril	5.13	4.70	3.17	4.23	4.20	6.44	4.98
Mayo	4.26	3.76	2.62	3.56	3.60	5.44	5.12
Junio	3.18	2.94	1.93	2.64	2.87	5.97	4.46
Julio	2.70	2.49	1.67	2.23	2.70	5.03	4.48
Agosto	2.76	2.57	1.73	2.24	2.88	5.90	4.47
Septiem.	2.69	2.50	1.67	2.00	2.81	5.90	4.14
Octubre	2.35	2.37	1.58	1.38	2.77	5.18	4.40
Noviem.	2.86	2.61	1.89	2.11	2.88	6.09	4.35
Deciem.	3.85	3.17	2.05	2.91	3.41	6.23	4.61
TOTAL	43.62	41.31	27.28	35.55	40.06	74.93	55.57

En la Tabla 1, los símbolos utilizados son:

- E<sub>p</sub> = Evaporación de Tanque clase A
- E<sub>po</sub> = Evaporímetro de Piche al aire libre
- E<sub>ps</sub> = Evaporímetro de Piche protegido
- E<sub>pc</sub> = Método de Hargreaves (Evaporación)
- E<sub>o</sub> = Método de Penman (Evaporación)
- U = Método de Blaney-Criddle (Evapotranspiración de bananas)
- E<sub>t</sub> = Método de Thornthwaite (Evapotranspiración potencial)

Las ecuaciones de regresión de los métodos estudiados con respecto a la evaporación medida por medio del tanque evaporímetro clase A, se presentan a continuación:

Método	Ecuación	Coefficiente de Correlación
Piche (aire libre)	$E_{po} = -8.021 + 1.131 E_p$	0.820
Piche (protejido)	$E_{ps} = -1.498 + 0.663 E_p$	0.840
Hargreaves	$E_{pc} = 11.229 + 0.549 E_p$	0.766
Penman	$E_o = 27.894 + 0.280 E_p$	0.620
Blaney-Criddle	$U = 73.135 + 0.044 E_p$	0.194
Thornthwaite	$E_t = 54.010 + 0.036 E_p$	0.115

A pesar de que el evaporímetro de Piche dió buenos resultados en esta localidad, su uso general no es recomendado debido a la susceptibilidad del evaporímetro de Piche a la velocidad del viento.

Es evidente al examinar este análisis y los coeficientes de correlación que los métodos de Blaney-Criddle y de Thornthwaite no dan resultados satisfactorios ya que un porcentaje muy bajo es pronosticado por los métodos (menos del 4% para el método de Blaney-Criddle y menos del 15% para el de Thornthwaite).

Se propone que la metodología para estimar los requerimientos de riego debe reunir las siguientes condiciones:

- (a) Dar resultados adecuados cuando son evaluados usando evapotranspiración medida y/o el tanque de evaporación clase A.
- (b) Poder ser utilizado con los datos disponibles en el área bajo estudio.
- (c) Ser suficientemente simple de manera que los cálculos se

puedan adaptar tanto a la regla de cálculo como al uso de computadoras.

- (d) De fácil adaptación a otras regiones de distintas condiciones de clima.

Un método que reúne el criterio anterior para calcular la evapotranspiración potencial se presenta a continuación. La ecuación de este método resultó del mejoramiento de las ecuaciones de Christiansen y Hargreaves (1) y de Hargreaves (3). Esta relación es la siguiente:

$$ETP = 0.35 \times RT \times CT \times CH \times CD \quad (4)$$

en donde:

RT = Radiación Extraterrestre expresada como equivalente de evaporación en milímetros por día o en milímetros por mes. Estos valores para varias latitudes están dados en la Tabla 2.

$$CT = 0.40 + 0.024 \text{ TM} \quad 4a$$

TM = Temperature media en grados centígrados

$$CH = 0.05 + 1.58 (1.00 - HM)^{1/2} \quad 4b$$

HM = Humedad relativa media mensual expresada en decimal, leída a las 12:00, 18:00 y 24:00 horas Greenwich

$$CD = DL/12.0 \quad 4c$$

DL = Promedio de horas de luz diaria.

La ecuación 4, se estudio en varias localidades. El análisis comparativo utilizando datos de evapotranspiración potencial obtenidos con la Ecuación 4, se presentan en la Tabla 3.

Para la localidad de Tal-Amara en el Líbano la evapotranspiración potencial estimada es el 80 por ciento de la evapotranspiración medida. Esto se debe a que el lisímetro se encontraba rodeado de campos no regados resultando en una transferencia de energía calorífica hacia el lisímetro y un consiguiente aumento de evapotranspiración potencial calculada

**TABLA 2.** Valores Medios Mensuales de Radiación Extraterrestre Expresados como Equivalente de Evaporación en Milímetros por Día.

Latitud	Enro	Feb	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago	Sept	Oct	Nov	Dec
<b>Norte</b>												
60	1.41	3.36	6.82	11.31	15.14	17.06	16.25	13.03	8.67	4.58	1.92	0.96
55	2.55	4.62	8.08	12.18	15.55	17.18	16.50	13.71	9.77	5.85	3.11	2.02
50	3.77	5.89	9.23	12.98	15.93	17.30	16.73	14.34	10.79	7.09	4.35	3.21
45	5.04	7.14	10.30	13.69	16.23	17.38	16.91	14.87	11.74	8.30	5.63	4.46
40	6.32	8.36	11.30	14.31	16.45	17.38	17.01	15.32	12.59	9.45	6.90	5.75
35	7.59	9.53	12.21	14.82	16.58	17.30	17.01	15.66	13.35	10.54	8.15	7.04
30	8.84	10.64	13.03	15.23	16.60	17.13	16.92	15.90	14.01	11.55	9.36	8.32
25	10.05	11.68	13.75	15.52	16.51	16.85	16.72	16.02	14.56	12.48	10.53	9.56
20	11.20	12.64	14.37	15.70	16.32	16.48	16.42	16.04	15.00	13.33	11.63	10.76
15	12.29	13.51	14.88	15.77	16.02	16.00	16.02	15.93	15.33	14.07	12.66	11.91
10	13.30	14.28	15.27	15.72	15.61	15.42	15.51	15.72	15.54	14.71	13.61	12.98
5	14.23	14.96	15.55	15.55	15.09	14.74	14.90	15.39	15.63	15.24	14.47	13.98
0	15.07	15.53	15.71	15.27	14.47	13.97	14.19	14.95	15.61	15.66	15.23	14.90

por medio de la Ecuación 4, se aproxima bastante a la evapotranspiración medida.

Aplicación en cultivos. Los requerimientos de riego varían con los cultivos. La caña de azúcar por ejemplo, cuando alcanza una cobertura total requiere aproximadamente 1.25 veces la evapotranspiración potencial calculada por la Ecuación 4 para un óptimo desarrollo. Scott (5) relacionó valores de evapotranspiración a varios estados de desarrollo de la caña de azúcar en Hawaii. Una adaptación es la relación en donde se incluye la razón entre la evapotranspiración actual,  $ET_a$ , y la evapotranspiración calculada por la Ecuación 4 es la siguiente:

<u>Edad de la Caña Meses</u>	<u><math>ET_a/ETP</math></u>
0 - 2	0.50
2 - 3	0.56
3 - 4	0.69
4 - 5	0.94
5 - 6	1.10
6 - 7	1.18
77	1.25

El tiempo requerido para alcanzar cobertura total depende de la variedad y modalidad de siembra. En el caso de reproducción vegetativa o soca la caña alcanzará una cobertura total más rápida debiéndose usar el factor de 1.25 dentro de dos o tres meses dependiendo de la disponibilidad de agua en el suelo para establecer un buen desarrollo.

En un estudio Scott (5), incluye un factor de disponibilidad  $F$  (agua disponible utilizable dividido por la ETP) relacionado con la producción de caña de azúcar en toneladas por acre por pulgada de agua

TABLA 3. Comparación de la Evapotranspiración Media en Lisímetros, ETL, con los Valores de Evapotranspiración Calculada por Medio de la Ecuación 4.

Mes	Tal-Amara Lebanon		Abde Lebanon		TYR Lebanon		Davis California		Coshocton Ohio	
	ETL	ETP	ETL	ETP	ETL	ETP	ETL	ETP	ETL	ETP
Enero					40	46				
Febrero			38	41	44	51				
Marzo			63	70	67	88	87	81		
Abril	125	102	92	94	92	111	120	116		
Mayo	171	156	122	118	143	139	158	167	153	149
Junio	235	188	140	130	171	163	221	214	170	166
Julio	261	200	150	161	175	164	214	219	173	184
Agosto	223	178	142	136	169	143	166	168	149	149
Sept.	161	122	106	99	125	113	132	121	103	97
Oct.	100	76	74	74	79	82	94	78	65	58
Nov.			42	49	53	57				
Dec.			42	49	38	42				
TOTAL	1275	1022	969	972	1196	1199	1192	1164	813	803
ETL/ETP	1.25		1.00		1.00		1.02		1.01	

utilizable. Los valores de esta relación son los siguientes:

<u>F</u> <u>%</u>	<u>Toneladas de Caña/Pulgada</u> <u>de Agua Utilizable</u>
45 - 75	0.84
80	0.82
85	0.81
90	0.79
95	0.77
100	0.74

Al multiplicar las toneladas de caña por el total de agua disponible utilizada, se obtendrá la producción que se debería obtener debido al agua.

La producción de caña es uniforme cuando el factor F oscile entre el 45 y 75 por ciento. La producción principia a disminuir notablemente a partir del 85 por ciento. Sin embargo, esta disminución depende del estado de desarrollo del cultivo. En general la caña se recupera bastante bien después de un período de sequía, pero si este período ocurre al principio del crecimiento la habilidad de recuperación será limitada afectando la producción.

Otros cultivos que pueden desarrollarse en el área bajo estudio varían en cuanto a los requerimientos de riego. Bananas por ejemplo requieren un continuo suministro de agua. Los tomates y otras verduras desarrollan bien durante la época seca en donde la precipitación es mínima necesitando riego. Cítricos desarrollan mejor con una continua disponibilidad de agua.

A continuación se presenta un sumario de coeficiente (ETA/ETP) para varios cultivos que pueden desarrollarse en la región bajo estudio:

CULTIVOS	Coeficiente para multiplicarse por la ETP	
	Promedio para cobertura total	Promedio para todo el período de crecimiento
(1) Frijoles, maíz, algodón soya, boro y tomates	1.15	0.90
(2) Cítricos (Naranjas, limón y toronja)	0.75	0.75
(3) Pastos bajos	1.00	0.75
(4) Caña de azúcar	1.25	1.00
(5) Verduras de verano	1.15	0.85

#### ANÁLISIS DE DISPONIBILIDAD HIDRICA

Por medio de la Ecuación 4, y definiciones antes presentadas se realizó un análisis hídrico de la región utilizando computadoras electrónicas. El resultado del análisis está dado en la Tabla 4.

Los símbolos utilizados en la Tabla 4 son los siguientes:

<u>COLUMNA No.</u>	<u>SIMBOLO</u>	<u>DESCRIPCION</u>
1	MO	Meses del año (Numericamente)
2	TM	Temperatura media mensual
3	HM	Humedad relativa media mensual expresada en decimal. (Estimada a excepción de Santo Domingo y Cabo Engaño)
4	W10	Velocidad media del viento en Km/hr a 10 metros de altura. (Estimada a excepción de Santo Domingo y Cabo Engaño)

1982 (1982)

1982

<u>COLUMNA No.</u>	<u>SIMBOLO</u>	<u>DESCRIPCION</u>
5	RMM	Radiación extraterrestre mensual para la latitud y temperatura media. Expresada en equivalente de evaporación en milímetros
6	PREC	Precipitación media mensual en milímetros
7	CT	Coefficiente mensual de temperatura. Ecuación 4a.
8	CH	Coefficiente mensual de humedad relativa. Ecuación 4b.
9	CD	Coefficiente mensual de horas de luz diaria. Ecuación 4 c.
10	ETP	Evapotranspiración potencial calculada. Ecuación 4.
11	PD	Precipitación confiable calculada al 75% de probabilidad. Ecuación 1
12	ETDF	Déficit de evapotranspiración. (ETP - PD)
13	MAI	Indice de disponibilidad de agua. Ecuación 2

En general climas con un índice de disponibilidad de agua (MAI) de 0.34 permiten frecuentemente obtener una producción económica. Esta producción aumentará notablemente si el índice de disponibilidad se hace mayor. Con valores bajos de índice de disponibilidad ciertas prácticas agrícolas tal como la aplicación de fertilizantes no se justifican ya que el agua es el principal factor limitante de la producción. Una práctica adecuada sería el mantener el valor del índice de disponibilidad de agua por encima de 0.70 por medio del riego.

En la Tabla 4, se encuentra el análisis de disponibilidad hídrica para nueve localidades en la región Sudoriental de la República Dominicana. Como resumen de este análisis se preparo la Tabla 5, la que muestra el número de meses en que el agua de lluvia es deficiente, adecuada o en

CULTIVOS	Coeficiente para multiplicarse por la ETP	
	Promedio para cobertura total	Promedio para todo el período de crecimiento
2) Cítricos (naranjas, limón y toronja)	0.75	0.75
3) Pastos bajos	1.00	0.75
4) Café de azúcar	1.25	1.00
5) Verduras de verano	1.15	0.85

#### ANÁLISIS DE DISPONIBILIDAD HIDRICA

Por medio de la Ecuación 4, y definiciones antes presentadas se realizó un análisis hídrico de la región utilizando computadoras electrónicas. El resultado del análisis está dado en la Tabla 4.

Los símbolos utilizados en la Tabla 4 son los siguientes:

COLUMNA No.	SIMBOLO	DESCRIPCION
1	MO	Meses del año (numéricamente)
2	TM	Temperatura media mensual,
3	HM	Humedad relativa media mensual expresada en decimal. (Estimadas a excepción de Santo Domingo y Cabo Engaño)
4	W10	Velocidad media del viento en Km/hr a 10 metros de altura. (Estimadas a excepción de Santo Domingo y Cabo Engaño)

**TABLA 4. Análisis de Disponibilidad Hídrica y Datos Climatológicos.**

7		SANTO DOMINGO				LAT 18 28		LONG 69 54		ELEV	74		
MO	TM	MM	VIG	QMM	PREC	CT	CH	CO	ETP	PD	ETDF	MAI	
1	28.7	.88	11.7	359.	57.	.98	.68	.92	77.	30.	47.	.39	
2	28.0	.92	11.3	363.	42.	.98	.72	.95	85.	19.	65.	.23	
3	28.5	.80	10.1	453.	51.	.99	.76	.99	117.	26.	92.	.22	
4	25.7	.82	10.0	475.	78.	1.02	.72	1.03	126.	45.	81.	.35	
5	25.7	.88	9.2	505.	176.	1.02	.68	1.07	133.	113.	19.	.85	
6	25.5	.85	8.5	493.	164.	1.04	.68	1.09	125.	105.	21.	.84	
7	25.3	.85	7.1	509.	159.	1.05	.64	1.08	129.	101.	28.	.78	
8	27.1	.95	6.0	500.	158.	1.05	.65	1.05	128.	101.	27.	.79	
9	26.9	.86	5.3	455.	196.	1.05	.64	1.01	108.	127.	-19.	1.18	
10	25.5	.87	4.8	473.	160.	1.04	.62	.96	92.	102.	-10.	1.11	
11	25.5	.85	4.5	361.	122.	1.01	.65	.93	79.	75.	3.	.96	
12	28.7	.85	3.8	345.	61.	.99	.65	.91	72.	33.	40.	.45	
AVE	25.7	.88	9.8	437.	119.	1.02	.67	1.01	106.	73.	33.	.68	
9		LA DOMINA				LAT 18 25		LONG 69 38		ELEV	5		
MO	TM	MM	VIG	QMM	PREC	CT	CH	CO	ETP	PD	ETDF	MAI	
1	28.7	.81	11.0	360.	40.	.98	.75	.92	85.	19.	67.	.21	
2	28.3	.81	10.0	363.	39.	.98	.76	.95	90.	17.	72.	.19	
3	28.9	.79	10.0	453.	30.	1.00	.79	.99	124.	11.	113.	.09	
4	25.9	.80	10.0	475.	60.	1.02	.76	1.03	133.	32.	101.	.24	
5	25.7	.88	9.0	507.	181.	1.04	.68	1.07	135.	117.	18.	.87	
6	27.3	.80	8.0	493.	111.	1.06	.68	1.09	136.	68.	68.	.50	
7	27.5	.82	7.0	509.	97.	1.06	.72	1.08	147.	58.	89.	.39	
8	27.7	.82	6.0	500.	123.	1.06	.72	1.05	141.	76.	65.	.54	
9	27.8	.86	5.0	457.	163.	1.05	.65	1.01	116.	104.	12.	.90	
10	27.1	.88	4.0	473.	154.	1.05	.68	.96	102.	98.	4.	.96	
11	25.1	.88	3.0	361.	111.	1.00	.68	.93	81.	68.	12.	.85	
12	28.9	.88	2.0	347.	73.	1.00	.68	.91	75.	41.	34.	.55	
AVE	26.1	.82	8.8	437.	98.	1.03	.72	1.00	114.	59.	55.	.52	

TABLA 4. Continuación

SAN PEDRO DE MACORIS      LAT 18 27      LONG 69 18      ELEV 35												
NO	TM	HM	VIG	DMH	PREC	CT	CH	CD	ETP	PD	ETDF	HAI
1	28.9	.78	11.0	359.	23.	.97	.79	.92	89.	6.	83.	.07
2	28.7	.80	12.0	363.	81.	.98	.75	.95	89.	19.	71.	.21
3	28.7	.76	12.0	457.	22.	1.00	.82	.99	130.	5.	125.	.04
4	28.0	.82	12.0	475.	30.	1.02	.72	1.03	127.	49.	78.	.38
5	28.9	.82	12.0	507.	131.	1.05	.72	1.07	143.	82.	61.	.57
6	27.0	.82	12.0	493.	92.	1.05	.72	1.09	142.	54.	88.	.38
7	27.8	.82	12.0	509.	107.	1.06	.72	1.08	147.	65.	82.	.44
8	27.7	.82	12.0	507.	98.	1.06	.72	1.05	141.	56.	85.	.40
9	27.3	.82	12.0	457.	132.	1.06	.72	1.01	123.	82.	40.	.67
10	28.9	.88	12.0	473.	164.	1.05	.68	.96	102.	105.	-3.	1.03
11	28.7	.82	12.0	361.	104.	1.02	.72	.93	96.	63.	23.	.73
12	28.5	.80	12.0	345.	35.	.99	.76	.91	37.	14.	68.	.18
AVE	28.1	.81	9.8	437.	86.	1.03	.74	1.00	117.	50.	67.	.43
CONSTANZA      LAT 18 30      LONG 69 23      ELEV 1234												
NO	TM	HM	VIG	DMH	PREC	CT	CH	CD	FTP	PD	ETDF	HAI
1	18.5	.82	11.0	356.	52.	.77	.77	.92	64.	26.	37.	.42
2	18.8	.81	12.0	360.	87.	.78	.76	.95	70.	23.	47.	.33
3	18.8	.76	12.0	409.	36.	.80	.92	.99	103.	15.	98.	.15
4	17.7	.78	12.0	471.	77.	.82	.79	1.03	111.	44.	67.	.39
5	18.8	.82	12.0	503.	205.	.84	.72	1.07	114.	133.	-19.	1.17
6	18.8	.80	12.0	490.	129.	.85	.75	1.09	120.	80.	40.	.67
7	18.7	.78	12.0	515.	78.	.85	.70	1.08	129.	45.	84.	.35
8	19.7	.78	12.0	494.	84.	.86	.79	1.05	124.	49.	76.	.39
9	19.1	.80	12.0	453.	117.	.86	.76	1.01	104.	72.	32.	.69
10	18.7	.80	12.0	471.	118.	.85	.76	.96	91.	73.	18.	.80
11	17.6	.78	12.0	357.	68.	.82	.79	.93	75.	38.	38.	.50
12	16.8	.78	12.0	342.	58.	.79	.79	.91	68.	31.	38.	.45

TABLE 4. Continuation

1A	CASE FNSAMP				LAT 18 36		LONG 68 17		ELEV	2		
NO	TM	MM	WIG	RWP	PREC	CT	CH	CD	ETP	PD	ETOF	MAI
1	28.0	.86	11.9	359.	58.	1.00	.68	.92	74.	31.	43.	.42
2	28.1	.88	10.1	363.	81.	1.00	.68	.95	82.	19.	54.	.23
3	28.2	.88	12.6	452.	33.	1.00	.68	.99	107.	13.	94.	.12
4	28.3	.88	12.8	475.	57.	1.03	.68	1.03	121.	30.	91.	.25
5	27.0	.86	11.9	517.	102.	1.15	.68	1.07	128.	61.	66.	.48
6	27.1	.85	10.1	470.	104.	1.06	.66	1.09	132.	63.	59.	.48
7	27.7	.88	11.6	510.	80.	1.06	.68	1.08	140.	46.	94.	.33
8	27.3	.87	11.3	500.	74.	1.07	.72	1.05	142.	42.	100.	.29
9	28.0	.83	9.9	457.	71.	1.07	.70	1.01	121.	40.	81.	.33
10	27.6	.88	10.0	423.	108.	1.06	.68	.95	103.	66.	38.	.64
11	28.9	.87	12.8	360.	111.	1.05	.72	.33	98.	68.	20.	.77
12	28.7	.88	12.8	385.	84.	1.02	.66	.91	77.	49.	28.	.54
AVE	28.6	.88	11.7	437.	77.	1.04	.68	1.00	110.	44.	56.	.41

20	HIGHRY				LAT 18 37		LONG 68 42		ELEV	100		
NO	TM	MM	WIG	RWP	PREC	CT	CH	CD	ETP	PD	ETOF	MAI
1	28.9	.87	11.0	358.	76.	.97	.72	.92	91.	43.	37.	.54
2	28.1	.80	10.0	362.	58.	.98	.76	.95	89.	31.	58.	.34
3	28.1	.78	10.0	452.	44.	1.00	.79	.99	124.	21.	103.	.17
4	28.2	.80	10.0	475.	90.	1.03	.76	1.03	134.	56.	78.	.42
5	28.8	.87	9.0	507.	192.	1.04	.72	1.07	143.	124.	19.	.87
6	27.6	.88	2.0	490.	120.	1.06	.68	1.09	137.	74.	63.	.54
7	27.7	.88	9.0	510.	127.	1.06	.68	1.08	140.	79.	61.	.56
8	28.1	.87	4.0	510.	102.	1.07	.72	1.05	143.	61.	81.	.43
9	27.7	.88	9.0	456.	137.	1.05	.68	1.01	117.	26.	31.	.73
10	27.0	.88	9.0	423.	133.	1.05	.68	.96	102.	83.	19.	.82
11	28.1	.87	9.0	360.	128.	1.03	.72	.93	86.	40.	7.	.92
12	28.0	.87	10.0	385.	90.	1.00	.72	.91	79.	53.	26.	.67
AVE	28.3	.87	9.2	437.	108.	1.03	.72	1.00	115.	66.	49.	.58

20 SAVANNAH					LAT 30 45		LONG 89 38		ELEV	52		
MO	TM	MM	WIN	RMM	PREC	CT	CH	CD	ETP	PD	ETDF	MAI
1	28.5	.87	11.0	357.	57.	.99	.77	.97	92.	30.	52.	.37
2	25.5	.80	11.0	362.	66.	1.01	.76	.95	92.	36.	56.	.39
3	25.7	.78	11.0	453.	66.	1.04	.79	.99	129.	36.	93.	.28
4	27.5	.80	11.0	475.	125.	1.06	.76	1.04	138.	77.	61.	.56
5	27.7	.97	8.0	508.	278.	1.06	.77	1.07	146.	185.	-38.	1.26
6	28.1	.88	8.0	495.	227.	1.07	.68	1.09	139.	149.	-10.	1.07
7	28.2	.88	8.0	510.	215.	1.08	.68	1.08	142.	140.	2.	.99
8	28.2	.88	8.0	501.	224.	1.08	.68	1.05	135.	147.	-11.	1.08
9	27.7	.88	8.0	456.	195.	1.06	.68	1.01	117.	126.	-10.	1.08
10	26.9	.88	8.0	422.	195.	1.05	.68	.96	101.	126.	-25.	1.25
11	26.7	.80	9.0	359.	81.	1.04	.76	.93	97.	47.	45.	.51
12	25.7	.87	11.0	345.	55.	1.02	.77	.91	80.	28.	52.	.36
AVE	27.0	.87	9.0	437.	149.	1.05	.77	1.00	116.	94.	22.	.77

25 HATON MAYOP					LAT 18 46		LONG 89 15		ELEV	106		
MO	TM	MM	WIN	RMM	PREC	CT	CH	CD	ETP	PD	ETDF	MAI
1	28.5	.87	11.0	357.	37.	.99	.77	.97	32.	16.	66.	.19
2	28.9	.80	11.0	362.	71.	1.00	.76	.95	90.	40.	51.	.44
3	25.9	.78	11.0	452.	40.	1.02	.79	.99	126.	13.	109.	.14
4	26.5	.80	11.0	475.	95.	1.04	.76	1.04	135.	56.	78.	.42
5	27.5	.87	8.0	508.	236.	1.06	.72	1.07	146.	155.	-10.	1.07
6	28.0	.88	8.0	495.	223.	1.07	.68	1.09	138.	146.	-8.	1.06
7	28.2	.88	8.0	510.	213.	1.08	.68	1.08	142.	139.	3.	.98
8	28.5	.88	8.0	501.	182.	1.08	.68	1.05	139.	117.	19.	.86
9	28.1	.88	8.0	456.	210.	1.07	.68	1.01	118.	137.	-19.	1.16
10	27.5	.88	8.0	422.	192.	1.06	.68	.96	103.	124.	-22.	1.21
11	26.8	.87	9.0	359.	126.	1.03	.77	.93	87.	78.	8.	.90
12	25.2	.87	11.0	344.	50.	1.00	.77	.91	79.	25.	64.	.32
AVE	26.7	.87	9.0	437.	140.	1.04	.77	1.00	115.	98.	27.	.73

TABLA 4. Continuación

26 EL SFIRO				LAT 18 45		LONG 69 2		ELEV 115				
MO	TM	HM	WIND	PRM	PREC	CT	CH	CD	FTP	PD	ETDF	MAI
1	24.3	.82	11.0	357.	45.	.98	.72	.92	81.	21.	60.	.26
2	24.8	.80	10.0	362.	67.	1.00	.76	.95	90.	37.	53.	.41
3	25.7	.78	10.0	452.	65.	1.02	.79	.99	126.	35.	90.	.28
4	26.6	.80	9.0	475.	116.	1.04	.76	1.04	135.	71.	64.	.53
5	27.4	.82	8.0	507.	190.	1.06	.72	1.07	145.	123.	22.	.85
6	27.9	.82	8.0	495.	124.	1.06	.72	1.09	144.	77.	68.	.53
7	28.1	.82	8.0	510.	112.	1.07	.72	1.08	150.	68.	81.	.46
8	28.0	.81	9.0	500.	82.	1.07	.76	1.05	149.	47.	102.	.32
9	27.8	.82	8.0	456.	133.	1.07	.72	1.01	124.	83.	41.	.67
10	27.2	.84	8.0	422.	152.	1.05	.68	.96	102.	95.	6.	.94
11	26.2	.82	8.0	359.	127.	1.03	.72	.93	86.	79.	7.	.92
12	24.8	.80	9.0	344.	74.	1.00	.76	.91	82.	42.	41.	.51
AVE	26.5	.81	8.8	437.	107.	1.04	.74	1.00	118.	65.	53.	.56

exceso, en las localidades estudiadas.

TABLA 5. Número de Meses en que el Agua es Deficiente, Adecuada o en Exceso de Acuerdo a la ETP de Varias Localidades

LOCALIDAD	DEFICIENCIA			Adecuada	Exceso
	Alta	Moderada	Baja		
Santo Domingo	2	3	5	2	0
La Romana	4	4	4	0	0
San Pedro de Macorís	4	5	2	1	0
Cabo Engaño	6	5	1	0	0
Higüey	1	7	4	0	0
Bayaguana	1	5	1	5	0
Mato Mayor	3	2	3	4	0
El Seibo	3	6	3	0	0

Si consideramos que la campaña de riego comprende aquellos meses del año en que la deficiencia hídrica es alta y moderada el riego se practicaría durante cinco a nueve meses dependiendo del cultivo y del agua considerada.

## CONCLUSIONES

El presente trabajo estudia el clima de la región Sudoriental de la República Dominicana desde el punto de vistas de las necesidades hídricas de la región con el objeto de determinar si existe la necesidad de suplementar el agua de lluvia por medio del riego.

En esta región de la República Dominicana el estudio indica que sería conveniente regar durante cinco a nueve meses del año, dependiendo de localidad dentro de la región y del cultivo. En el caso específico de la caña de azúcar el riego no sería necesario unas cuantas semanas antes de la cosecha, lo mismo que en el período de madurez y en la cosecha misma.

Es conveniente mencionar que un estudio más completo y detenido es recomendable. Los suelos y las condiciones económicas no han sido evaluadas en este estudio. Futuro desarrollo de la región deberá basarse en un estudio cuidadoso de estos recursos y de la capacidad de los agricultores en financiar y manejar un nuevo tipo de agricultura más sofisticada como es la agricultura bajo riego.

También sería necesario un estudio económico comparativo del desarrollo de las aguas subterráneas y superficiales y del uso de distintos métodos de riego.

## RECONOCIMIENTO

La metodología para la "precipitación confiable" e "índice de disponibilidad de agua" fue desarrollada en cooperación con Jerald E. Christiansen, Professor Emeritus del Departamento de Ingeniería Agrícola e Irrigación de Utah State University.

La investigación que condujo al desarrollo de las ecuaciones usadas fue financiada por la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) bajo el Contrato AID/csd-2167, y efectuada en Utah State University.

## WATER REQUIREMENTS IN THE SOUTHEASTERN REGION OF THE DOMINICAN REPUBLIC

### ENGLISH SUMMARY

The southeastern region of the Dominican Republic covers about two-thirds of the country. This area has high agricultural potential but, studies about its climate, soils and water resources are badly needed. This paper covers a climatic evaluation with respect to irrigation needs.

The precipitation of this area is such that irrigation is needed. Ground water must be considered for irrigation. Rainfall is enough in Bayaguana and Hato Mayor to keep an adequate ground water table.

Detailed information was unavailable when this study was conducted, however, the methodology is good enough to do a detailed analysis and can be used for more complete study in the future.

#### Climate

The ocean influences the general climate of the area. The temperature is from 26°C to 28°C with a variation of two degrees during the month. The average relative humidity is 80-85%. The rainfall goes from 950-1,800mm. The distribution problems make it necessary to have supplementary irrigation which would be unnecessary if it were well distributed.

#### Definition of Terms

Actual Evapotranspiration (ETA): It is the amount of water transpired by the crops and evaporated from the soil and humid parts of the plants.

Evapotranspiration Potential (ETP): It is the amount of water used by a crop having the following characteristics: active growth, low height, total surface cover, and continuous supply of water. It depends on climate and can be calculated from: extraterrestrial radiation, temperature, relative humidity and day length.

**Probable Precipitation (P.D.):** It is the amount of rainfall that has a specific probability to fall according to past records. Calculations are made based on crops. Seventy-five percent probability is mostly used for irrigation work. Other crops such as bananas will require higher probability. Seventy-five percent probability was used for this study. The formula  $PD = -10 + 0.70 P_m^{(1)}$  is used to calculate the relation between PD with the average month rainfall.

**Available Water Index (MAI):** It is an index used to determine if the amount of water supply is enough for the growing crop. It can be calculated from:  $MAI = PD/ETP$  (2)

Margreaves (3) proposed the following deficiency table

MAI	DEFICIENCY
$C = 0.33$	high
0.34-0.67	moderate
0.68-1.00	low
1.01-1.33	non
more than 1.34	excess water

**Water Deficit (ETDP):** It is the amount of water not supplied by rainfall to satisfy the evapotranspiration potential. It is given by  $ETDP = ETP - PD(3)$ .

**Effective Rainfall (ERF):** It is the amount of water that enters into the soil and stays in the root zone for crop use.

**Soil Water Retention and Loss:** It is the amount of water stored in the soils between the maximum point of retention in a well drained soil and the minimum point below which plants die.

### Irrigation Requirements

There are many methods to determine irrigation requirement, but the best method depends upon how similar the conditions under the method were developed and the methods we are working with. The Bureau of Reclamation of the United States recommends the use of Jensen and Haire's method, which considers the solar radiation and temperature and some adjustments for relative humidity and height (3). Table 1 shows the results of other methods tried in Passage, Ecuador. The regression equation for other methods are given in the table following Table 1. Blaney-Criddle's and Thornthwaite's methods did not give good results as indicated by the low correlation coefficient.

Irrigation requirement methods must fulfill the following conditions:

- (a) Give good results when evaluated using evapotranspiration measurements.
- (b) Able to be used with the existing data.
- (c) Must be simple to make calculations easy.
- (d) Must be adaptable to other regions with different climatic conditions.

A good method is a modification of Christiansen and Hargreaves (1) and Hargreaves (2) which makes use of the following equation:

$$ETP = 0.35 \times RT \times CT \times CH \times (D) \quad (4)$$

RT = Extraterrestrial radiation in mm/day

or mm/month (table 2)

$$CT = 0.40 + 0.074 \, Tm$$

Tm = Average temperature

$$CH = 0.05 + 1.50 (1.00 - RH)^{1/2}$$

RH = Average month relative humidity measure at 12:00 noon; 6:00 P.M. and 12:00 midnight.

$$CD = DL/12.0$$

DL = Average day light length

Table 3 shows the results when this method was used.

Irrigation requirements differ from crop to crop. Sugar cane, for example, requires 1.25 times more water during growth than estimated. Scott (5) modified, shows the different water requirements of sugar cane with age:

Age Months	ETa/ETP
0-2	0.56
2-3	0.69
3-4	0.94
4-5	1.10
5-6	1.18
6-7	1.25

In another study Scott (5) used a factor (Available water/ETP) and related it with sugar cane yield.

ET	Yield of cane in Ton/Inch of Water used
45-75	0.84
80	0.82
85	0.81
90	0.79
95	0.77
100	0.74

If we multiply the yield of cane by the amount of available water used we would obtain the expected yield.

Following is a list of the coefficients (ETA/ETP) for different crops that might be grown in the area under study:

Crops	Coefficient to be multiplied by ETP	
	Total Cover	Growing Period
Beans, maize, soybeans, sorghum, and tomatoes	1.15	0.90
Citrus	0.75	0.75
Forages	1.00	0.75
Sugar Cane	1.25	1.00
Summer Vegetables	1.15	0.85

#### Available Water Analysis

Based on the equation 4 and the definition given at the beginning an available water analysis study was done using the computer. The results are given in Table 4. The following table will help understand this table better.

Column No.	Symbols	Description
1	MO	Months of the year numerically
2	TM	Average month temperature
3	RM	Relative humidity (average by months), estimated except in Santo Domingo and Cabo Ingano.
4	W10	Average wind velocity in Km/hr, at 10 m high (estimated except in Santo Domingo and Cabo Ingano).
5	RRM	Extraterrestrial Radiation by month for average temperature and latitude. Express as evaporation equivalent in mm.
6	PREC	Average month rainfall in mm.
7	CT	Monthly coefficient of temperature Equation 4a-4b.
8	CH	Monthly relative humidity coefficient Equation 4b.
9	CD	Monthly hours of daylight coefficient, Equation 4c.
10	ETP	Calculated evapotranspiration potential, Equation 4.
11	PD	Probable rainfall at 75% probability, Equation 1.
12	ETDP	Evapotranspiration deficit (ETP-PD)
13	MAI	Available water index, Equation 2.

An index of available water of 0.34 usually permits economical crop production, yield will increase if MAI increases. Certain practices such as fertilizer application can not be done if MAI is very low. A recommended practice is to maintain MAI above 0.70 by using irrigation. Table 5 indicates how many months of the year water becomes deficient, adequate or too much.

This study indicates that supplementary irrigation is needed during at least 5-9 months of the year depending upon the crop and the region.

We recommend more studies to be carried out. The soils and economical conditions are not considered here and we believe they must be included in the future.

It is necessary to compare the economy of the development of underground and surface water and the use of different irrigation methods.

## REFERENCIAS

- Christiansen, J. E., and Hargreaves, G. H., "Irrigation Requirements from Evaporation,"** Question 23; Seventh Congress on Irrigation and Drainage; International Commission on Irrigation and Drainage. Mexico City, 1969; pages 23, 569-23,596.
- Gibbs, Albert E., "Current Design Capacity Procedure Used By the USSR,"** Age of Changing Priorities for Land and Water, Irrigation and Drainage Specialty Conference; American Society of Civil Engineers. Spokane, Washington, September 26-28, 1972; pages 331-337.
- Hargreaves, George H., "Criteria for Evaluating Water Deficiencies,"** Age of Changing Priorities for Land and Water, Irrigation and Drainage Specialty Conference; American Society of Civil Engineers. Spokane, Washington, September 26-28, 1972; pages 273-290.
- Hasan, M. Rizal and Jones, Paris S., "Measured and Predicted Evaporation at Pasaje, Ecuador,"** Journal of the Irrigation and Drainage Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers, Vol. 98 No. IR3; September, 1972; pages 511-516.
- Scott, Phil, " A Plantation Method of Determination of the Value of Water,"** Proceedings of the International Society of Sugar Cane Technologists, XIV Congress. October 22- November 5, 1971; New Orleans, Louisiana; Pages 859-864.

**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**  
**PRIMER SIMPOSIO INTERNACIONAL**  
**SOBRE SUELOS DE SABANA EN EL TROPICO**

Dr. Rafael Pietri\*

Las conclusiones son presentadas de acuerdo al orden en que fueron hechas durante el desarrollo de este Primer Simposio sobre Suelos de Sabana en el Trópico. Se han incluido las exposiciones hechas por el Dr. George Samuels de la Universidad de Puerto Rico, Mayagüez, Puerto Rico, y del Ing. Manuel De Ovín Presidente de Complejo Industrial Pedernales, S.A., Santo Domingo durante la ceremonia de apertura.

La sección de pedología estuvo integrada por: Dr. F. H. Beinroth de la Universidad de Puerto Rico, Dr. A. Van Wambeke de la Universidad de Ghent, Bélgica y el Ing. Agrón. Rafael Alberty del Consejo Estatal del Azúcar.

La principal preocupación de los expositores durante el inicio del Simposio, tratar de fenificar el término sabana; término que tiene su origen en el área del Caribe y que formaba parte del léxico de los indios de la región. Los ecólogos y los geógrafos hacen uso de éste para describir las llanuras tropicales que están compuestas de un estrato de plantas herbáceas de las cuales las gramas y los juncos son los componentes principales, con algunos arbustos y/o árboles esparcidos o algunas que otras palmas algunas veces presentes. Queda pues aclarado y establecido que el término sabana tiene una acepción ecológica o geográfica, pero no pedológica. Estas llanuras ocupan áreas muy extensas en la franja tropical encontrándose bajo una gran variedad de clima regionales pero donde las heladas son desconocidas. Las temperaturas oscilan entre 20-30°C con muy poca variaciones de estación a estación. La precipitación varía de 500mm (20") a 2,500 mm. (25")

---

\* Departamento de Agronomía, Colegio de Agricultura, Universidad de Puerto Rico, Mayaguez, Puerto Rico.

- (a) Tienen un mal drenaje interno y externo.
- (b) Son de baja fertilidad
- (c) Son de baja capacidad productiva
- (d) Tienen un nivel freático medianamente profundo
- (e) Son moderadamente resistentes a la erosión edáfica e hídrica
- (f) El suelo superficial posee buenas propiedades físicas
- (g) Son poco profundos, y
- (h) Son moderados en su capacidad para suplir aguas subterráneas,  
con lo que se consiguen pozos tubulares de rendimientos moderados.

A pesar de la dedicación y de los esfuerzos de los técnicos dominicanos no existe suficiente información sobre los suelos de las Grandes Sabanas. Es necesario que se prepare un catastro agrológico lo más detallado posible de esta zona. En esta forma habrá suficiente información que permita la caracterización de los suelos identificados. Para lograr ésto es necesario incluir la determinación de todas las características físicas, químicas y mineralógicas del perfil de tal manera que los suelos puedan ser clasificados de acuerdo con el sistema taxonómico moderno. La falta de esta información hace muy difícil la transferencia de tecnología y de resultados experimentales de un sitio a otro. Esta clasificación es el primer paso para un aprovechamiento adecuado de los recursos disponibles.

Los participantes en la Sección de Fertilidad de Suelos fueron: Dr. F. H. Redman del Consejo Estatal del Azúcar; Ing. Agrón. Julio César Polanco del Complejo Industrial Pedernales; Dr. R. Fox de la Universidad de Hawaii y Dr. E. Bornemiza de la O. E. A. Sus presentaciones nos llevan a afirmar que los suelos de las sabanas de la República Dominicana son de un pH que varía de fuértemente ácido a muy fuértemente ácido. La fijación de fósforo es muy elevada siendo preaumiblemente el principal factor de fijación las altas concentraciones de óxidos de aluminio y hierro. El relativamente alto contenido de aluminio y el bajo contenido de calcio deben ser los criterios fundamentales

El término "suelos de sabana" no es usado por ninguno de los sistemas modernos de clasificación de suelos. Estos suelos sobre los que se desarrolla una vegetación de sabana exhiben una gran variación en sus propiedades químicas, físicas y mineralógicas. Esta variación es de tal magnitud que no existe ningún criterio taxonómico que pueda aplicarse a todos ellos. Posiblemente su única propiedad en común es que en algún momento durante el año todos son sometidos a un déficit hídrico que imposibilita durante este período todo desarrollo vegetativo.

En base a los datos disponibles se puede decir que ocho de los diez órdenes del sistema taxonómico moderno pueden ser identificados en las áreas de sabana. Han sido excluidos únicamente los Spodosoles y los Histosoles lo que significa que en las sabanas pueden encontrarse los siguientes órdenes: Inceptisoles, Mollisoles, Oxisoles, Ultisoles, Vertisoles, Aridisoles, Alfisoles, Entisoles,

Una vez establecidos estos conceptos se presentó una descripción del desarrollo del Vertisol en África. En las áreas bien drenadas de América del Sur correspondientes a las Altillanuras la capacidad reducida de almacenamiento de agua aprovechable en los Oxisoles limita el desarrollo de vegetaciones selváticas. En zonas de inundación con pobre drenaje la concentración de óxidos metálicos y la erosión pueden conducir a la formación de suelos con capa superficial endurecida. La mayoría de los suelos pertenecen a los Plinthaquult y Plinthaquepts.

En la República Dominicana las grandes sabanas ocupan un área de aproximadamente 200,000 hectáreas (3.2 millones de tareas). Se han iniciado estudios en el área de sabana en un esfuerzo por conocer el comportamiento de los suelos de esta zona geográfica.

Cuatro series de suelos fueron establecidas: Pimentel, Cotuí, Fantino y Jalonga. De estos suelos puede decirse, hasta el momento:

a usarse para deteminar los requerimientos de cal a usar; las prácticas prioritarias son encalamiento y fertilización. Los suelos de sabanas encontrados en la República Dominicana presentan un potencial agrícola muy interesante debido a su contenido de materia orgánica en la superficie, topografía llana, altas temperaturas y elevada pluviometría. Los altos contenidos de aluminio nos hacen suponer que se pueden presentar toxicidad de aluminio. El drenaje de estos suelos es muy pobre haciendo necesario que se ponga en práctica buenos sistemas de drenaje. Se les debe prestar especial atención al estudio de las características físicas de los suelos.

Se cree que adaptando prácticas de agricultura moderna se podría intensificar el uso de estas áreas. Los pastos mejorados presentan una alta probabilidad de desarrollo. Se estima que estas áreas deberán ser explotadas por agricultores altamente capacitados o supervisados, que dispongan de los medios para resolver los serios problemas presentes o que se puedan presentar. Las investigaciones deben ampliarse para que los programas de recomendación de fertilizantes considere el sistema completo de producción integrando las condiciones químicas, físicas y biológicas del suelo con los requerimientos particulares de las especies y variedades a sembrar y la rentabilidad de la práctica a recomendar.

Se deben establecer experimentos de campo para calibrar los medios analíticos en uso en las condiciones actuales en la explotación agrícola.

Se debe estudiar la disponibilidad radicular y uso de agua en relación con las propiedades físicas y químicas de estos suelos y en relación con los métodos de manejo de los suelos pobremente drenados.

El costo de aplicación de cal debe ser el más conveniente debido al costo de este producto. Las cantidades necesarias deben ser determinadas por medio de ensayos de campo, se debe deteminar la forma de aplicación y efectos de

estas en las condiciones del suelo, la composición de las plantas y los rendimientos de los cultivos.

Se le debe prestar especial atención al problema de fijación y utilización del fósforo y la relación de éste con el encalamiento y las concentraciones de óxidos hidratados de hierro y aluminio.

Se debe estar atento a los problemas de micronutrientes (azufre, zinc y otros) que se puedan presentar después de obtenerse el balance ma nutricional.

Queremos señalar que es indispensable hacer todos los esfuerzos posibles por identificar variedades de plantas adaptadas a condiciones varias entre las que están entre otras: alta acidez, tolerancia al aluminio tolerancia a manganeso, eficiente absorción de fósforo y zinc y adaptabilidad a alta saturación de agua. Las experiencias propias en este respecto son de vital importancia antes de adoptar cualquier práctica ya que las condiciones pueden variar de un lugar o país a otro.

Participaron en la sección de Manejos de Suelos el Dr. Ildefonso Pla del Instituto de Edafología, Maracay, Venezuela; el Dr. Clovis Henrique Scherer de la Estación Experimental de Arroz, Porto Alegre, Brazil y el Dr. Robert Cheany, Especialista en Suelos y Arroz del CIAT, Colombia.

El uso agrícola de los mal llamados suelos de sabana presentan una gran variedad de problemas a tenor con su variada naturaleza y su amplia gama de condiciones de precipitación. Estos problemas se complican aún más cuando agregamos las sabanas tropicales desarrolladas con la intervención del hombre al deforestar zonas selváticas.

La poca experiencia mundial en el uso agrícola intensivo de estos suelos, lo reducido de los estudios y observaciones llevadas a cabo hasta el presente, el peligro de deterioro irreversible de muchos de estos suelos, exigen la realización de observaciones precisas y ensayos especialmente diseñados en

las diferentes áreas que se pretendan explotar. Aunque podrían probarse algunas de las prácticas de manejo desarrolladas y recomendadas en zonas templadas debe tenerse la precaución de no usarlas en forma indiscriminada sin someterlas a ensayos bajo las condiciones climáticas agresivas de los trópicos. En muchos casos será necesario elaborar sistemas de manejo y rotaciones nuevas, especialmente adaptadas a las nuevas condiciones.

Debemos examinar de cerca las prácticas de manejo de los agricultores de la región, las que han sido desarrolladas a largo plazo después de una gran experiencia.

El desconocimiento actual de las posibilidades de uso agrícola intensivo de las grandes sabanas de los trópicos así como de los problemas que puedan presentarse, hace necesario que se intensifiquen las observaciones sistemáticas y los estudios acerca de:

- (a) Relaciones generales entre las características del suelo original y el clima con los niveles de materia orgánica y la estructura bajo diferentes prácticas de laboreo; uso de fertilizantes, rotaciones, barbechos, y diferentes tipos de plantas.
- (b) Efectos de diferentes coberturas vivas o muertas sobre la protección del suelo superficial contra el impacto de lluvias intensas y contra la compactación mecánica.
- (c) Evaluación del régimen hídrico del perfil del suelo bajo diferentes prácticas de manejo y cubiertas protectoras.
- (d) Evaluación físico-química y biológica del suelo bajo diferentes sistemas de manejo.
- (e) Evaluación de los problemas de erosión y de sensibilidad a ella asociados con diferentes prácticas de manejo.
- (f) Posibilidad o conveniencia de utilizar cultivos permanentes semi-permanentes o anuales de acuerdo a factores técnicos o

**económicos.**

Como una primera aproximación se hicieron recomendaciones para el manejo de outsoles de sabana y a la vez se sugirieron algunas áreas de investigación que podrían ser importantes para el desarrollo eficiente y racional de este tipo de suelo.

- (a) Controlar la quema de sabanas en las pendientes sujetas a la erosión laminar. Es probable que una quema realizada a fines de la época lluviosa reduzca el riesgo en vista que el pasto tendrá 4 meses para recuperarse antes del comienzo de la siguiente estación lluviosa. Lo ideal sería eliminar completamente la quema en las pendientes pero es poco probable que ello ocurra en un futuro cercano a no ser que encontremos sistemas de manejo de praderas naturales que no impliquen su quema. A largo plazo es probable que sea factible el manejo sin quemar, basado en la siembra de pastos en mezcla con la pradera natural o en su reemplazo total gramíneas y leguminosas adaptadas.
- (b) Sembrar cultivos anuales únicamente en tierras planas si se piensa en sistemas de manejo tradicionales. En pendientes de más de 0,5% hay que pensar en prácticas especiales de conservación, tales como curvas de poca pendiente combinadas con drenes superficiales estabilizados por siembras de pastos permanentes.
- (c) Dejar la superficie del suelo cubierta de rastrojo y/o rugosa durante el verano para evitar la erosión eólica en la época seca.
- (d) Sembrar en caballones en tierras planas para reducir el riesgo de pérdidas debidas al encharcamiento eventual en épocas muy lluviosas. Los caballones contribuyen a la remoción del agua

superficial y al mismo tiempo protegen a la planta contra el exceso de humedad como consecuencia de estar sembrada en un nivel superior. Además se prestan para la conducción lenta del agua en las pendientes mediante un control de la pendiente excesiva como fue mencionado en el punto número dos. Es posible que las pérdidas de nutrientes por lixiviación se pudieran reducir mediante la aplicación de los fertilizantes en el caballón. Es probable que haya bastante más percolación de agua y por consiguiente más lixiviación en el fondo de los surcos que en el caballón.

- (e) Fraccionar las aplicaciones de fertilizantes con elementos muy móviles en el suelo para evitar pérdidas excesivas en épocas lluviosas, especialmente con respecto al nitrógeno.
- (f) Aprovechar abonos verdes y cultivos asociados, especialmente leguminosas en época de abundancia de agua para proteger mejor al suelo y suministrar nitrógeno y otros elementos en formas orgánicas y menos susceptibles a la lixiviación.
- (g) Emplear sistemas de labranza mínima para reducir el peligro de erosión eólica y laminar, evitar la degradación física de los suelos, y reducir los gastos de producción, y la necesidad de la maquinaria pesada.
- (h) Por último pero de ninguna manera de menor importancia: Seleccionar especies y variedades tolerantes a la acidez del suelo y eficientes en cuanto a la absorción de nutrientes, especialmente el fósforo. Hay grandes diferencias entre especies en cuanto a su tolerancia a la acidez, hecho conocido y aprovechado por agricultores tanto comerciales como primitivos durante siglos. Pero las diferencias entre variedades o genotipos de

la misma especie son menos conocidas.

En los últimos diez años algunos investigadores han encontrado diferencias genéticas en varias especies referente a su tolerancia a la acidez. Hasta la fecha se ha aprovechado muy poco esa nueva información. No hay otra zona en el mundo donde más importancia tenga el aprovechamiento de este conocimiento que en los trópicos húmedos de las Américas.

Participaron en la Sección de Manejo de Aguas el Dr. José Alfaro de la Universidad del Estado de Utah y el Ing. Marcelo Jorge, Profesor de la Universidad Autónoma de Santo Domingo.

Se presentó un estudio del clima de la región Sud-oriental de la República Dominicana desde el punto de vista de las necesidades hídricas de la región con el objeto de determinar si existe la necesidad de riego complementario.

Este estudio indica que en esta región de la República Dominicana sería conveniente regar cinco a nueve meses del año, dependiendo de la localidad dentro de la región y del tipo de planta.

Se recomienda un estudio más completo y detenido que incluya factores adicionales. Los suelos y las condiciones económicas no fueron evaluadas en este estudio. El futuro desarrollo de la capacidad de los agricultores para financiar y manejar un nuevo tipo de agricultura más sofisticada. Es también necesario un estudio económico comparativo del desarrollo de las aguas subterráneas y del uso de los distintos tipos de riego.

Se discutieron los distintos factores que constituyen un manejo de agua adecuado para la práctica del riego. Se describieron también varios sistemas de drenaje para suelos de textura fina. Se le dió mayor importancia a subolado profundo, drenaje por el método "Topo" y tubería enterrada.

Se presentó un inventario de los factores que afectan el balance hidrológico de las cuencas de los Ríos Yabacao y Brujuelas, dando información detallada de la precipitación y de los transcurso de precipitación. Se describió asimismo la génesis de la sabana y el complejo Habana-Yarallón. Se discutió la calidad de las aguas de superficie y las subterráneas, dándose una voz de alerta sobre las aguas hidrocarbonadas cáloticas y su uso en la región.

## CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

### ENGLISH SUMMARY

It has been divided by Section to have a clearer idea about what are all the considerations about the soils under savanna conditions according to the different sciences involved in Soil Science.

The first Section was dedicated to Soil Pedology. The speaker of this section were: Dr. F. H. Reinroth from the University of Puerto Rico, Dr. A. V. Van Wambeke of the University of Ghent, Belgica and Mr. Rafael Alberty from El Consejo Estatal del Azucar, Santo Domingo, D.R.

Most of the speaker tried to define what the term savanna means. This word comes from the Caribbean and is a word of the Indian language. It has been used by geographers and ecologists to describe opened prairie covered by herbaceous plants (mainly tall grass and shrubs); with scarce tree and a few palms spread over it. This clearly says that savanna has an ecological and geographical meaning but not a pedological one.

Savanna areas are quite vast in the tropics. The temperature of these areas go from 20-30°C with very little seasonal variation and the rainfall from 500 (20") to 2,500 (100").

The term "savanna" is not used by the modern soil taxonomic methods. The great variety among soils under savanna conditions makes it impossible to apply any taxonomic criterion to all of them. It is possible for the lack of water during certain periods of the year to be the only common characteristic had by all the soils under savanna conditions.

Eight out of ten major soil orders may be found in savanna. Those orders are: Aridisol, Alfisol, Inceptisol, Vertisol, Ultisol, Entisol, Oxisol and Mollisol. The Histosol and Spodosol do not show up under savanna

conditions. Jungle vegetation does not develop on high lands of South American where oxisols are found due to the limited storage capacities of those soils. Hardpans develop in soil with poor drainage having high concentrations of iron and aluminum oxides and high erosion hazards. Most of the soils belong to the sub-orders known as Plinthaquills and Plinthaquepts.

The Dominican Republic has about 200,000 hectares of land under savanna conditions. Studies have been initiated trying to understand the behavior of these soils. Four different soil series have been identified (Pantano, Pimentel, Holonga, and Catul). Most of these soils will have the following characteristics:

- (a) Poor internal and external drainage.
- (b) Low fertility
- (c) low productivity
- (d) Moderately low water table
- (e) Moderately resistant to erosion
- (f) Horizon A with good physical conditions
- (g) Thin profile (not deep soils)
- (h) Moderate capacity to supply underground water which makes it possible to build water wells of moderate water yield.

There is not enough good information about the behavior of these soils in the Dominican Republic. These studies must include an evaluation of the chemical, physical and mineralogy of these soils in such a way as to make it possible to classify them according to the most up-to-date taxonomic procedures. The lack of this information makes it impossible to transfer and exchange knowledge and technology that helps us to make the best use of these soils.

The second section was dedicated to Soil fertility with the participation of Dr. F. H. Redman from El Consejo Estatal del Azúcar, Santo Domingo, D. R.,

**Dr. R. Fox, from the University of Hawaii, Dr. Elmer Bornemiza, from the Organization of American States and Mr. Julio Cesar Polanco from El Complejo Industrial Pedernales, Santo Domingo.**

The pH of the soil under savanna conditions in the Dominican Republic are strongly to very strongly acid; phosphorus fixation is very high, being the main reason for this fixation the large amount of aluminum and iron both free and in the oxide form.

Liming must be based on the high aluminum concentration and low calcium content. Liming and complete fertilizer application are the most needed cultural practices. These soils have a very interesting agricultural potential for the agricultural economy of the Dominican Republic, their relative high organic matter content on the surface, plain topography, high temperatures and rainfall make it possible to use these soils for agriculture. A good drainage system must be designed before using these soils.

New technology in agriculture will give the answer to the problems of these soils. Improved pastures seem to have the highest probability of success.

Research must be oriented toward a full consideration of all the factors that are responsible for crop production. Chemical, biological, physical, mineralogical, crops and variety characteristics and economical factors must be studied in an integrated form.

Field experiments must be established to calibrate the analytical results under field conditions.

Due to the high acidity of the soils and the cost of lime, field research must be initiated to determine the proper amount of lime for the different crops and varieties, the best way of application and the effects of lime in other soil characteristics such as aluminum, manganese content, phosphorus recovery and availability, micronutrients cycle, status, and transformation after liming, etc.

Research conducted toward getting species and/or varieties resistant to high aluminum and manganese contents, low pH, low phosphorus availability, poor drainage, and low calcium and potassium concentrations must be carried out.

The third section was devoted to Soil Management with papers presented by: Dr. Idelfonso Pla, from El Instituto de Edafologia, Maracay, Venezuela and Mr. Clovis H. Scherer from Estacion Experimental d Arroz, Porto Alegre, Brazil and Mr. Robert Cheaney from CIAT, Colombia.

Management of the soils under savanna conditions presents many different problems which are related to the diversity of soils and soil conditions found under these conditions.

Very little is known about these soils in the world, and we must add that these soils may deteriorate irreversibly if no attention is given them in a short time. Management practices from temperate regions must be tested before being recommended due to the aggressiveness of the tropical climate. Farmer experiences may help us to make good recommendations. Recommended soil management research may be listed as follows:

- (a) Effects of soil management practices such as fertilizers, tillage, crop rotations, fallow, plant species or organic matter content, original soil conditions and soil structure.
- (b) Effects of plant cover on surface soil protection and soil packing..
- (c) Effects on soil management practices on some physical, chemical and biological characteristics of the soils.
- (e) Effects of soil management practices on water status of the soil.
- (f) Possibilities and convenience of using perennial, semi-perennial or annual crops in relation to technical and economical factors.

Some recommended practices that are not by any means conclusive are:

- (a) Fire control on the savanna that is sensitive to erosion. Firing at the beginning of the rainfall might not be so bad since pasture will have four months to grow, but the ideal practice should be to eliminate firing on the slopy sight.
- (b) To plant annual crops only on flat land if traditional management system will be used. Conservation practices are needed on land over 0.5% slope.
- (c) To cover the soil surface during summer to reduce erosion.
- (d) To plant on the furrows to reduce losses due to floods.
- (e) To fractionate the application of fertilizers containing mobile elements to reduce nutrient leaching.
- (f) To reduce tillage to a maximum as a means to decrease erosion hazard, soil physical degradation and input.
- (g) Green manure as a means of soil protection, nitrogen supply, etc.
- (h) To select plant species and varieties resistant to high acidity and efficient in nutrient absorption.

The last section was dedicated to Water Management; papers were presented by Dr. Jose Alfaro from the University of Utah and Mr. Marcelo Jorge from la Universidad Autonoma de Santo Domingo, Dominican Republic.

A climate study of the southeastern region of the Dominican Republic shows that it might be necessary to use complementary agriculture five month of the year and it will depend on the crop and the area under consideration. A more complete study where economical and soil conditions are recommended must be considered.

An inventory of Brujuela and Jabacao river basins gave detailed information about rainfall and rainfall cycle of the region. Savanna genesis

was discussed as well as the system of parent rock relief. Emphasis was ;  
placed on ground water quality. It was recommended to be careful about the  
use of hydrocarbonated ca-citic water found in the region.