

## LOS SUELOS CON DRENAJE DEFICIENTE EN CUBA

### SOLS CUBAINS A DRAINAGE MÉDIOCRE

A. HERNANDEZ, H. BOUZA, O. AGAFONOV, A. SALAZAR

#### RESUMEN

En el presente trabajo se brindan las características más importantes así como la distribución de los suelos con drenaje deficiente en Cuba; conjuntamente con sus propiedades físicas e hidrofísicas, lo cual en cierta medida contribuye a lograr una línea más adecuada en las medidas de mejoramiento por el riego y drenaje en las regiones agrícolas del país.

Para su elaboración se tomaron los resultados obtenidos en diversas investigaciones sobre las propiedades físicas e hidrofísicas de los suelos de las llanuras de Cuba, confeccionándose además un mapa esquemático en escala 1:1000 000 de los suelos con drenaje deficiente, utilizándose la clasificación genética de los suelos de Cuba (Instituto de Suelos, 1980).

Los suelos con drenaje deficiente en Cuba ocupan una superficie aproximada de 41 000 km<sup>2</sup>, o sea alrededor del 37% del territorio Nacional y se agrupan en la forma siguiente:

A: Suelos de formación semihidromórficos.

Se presentan en relieve llano, a veces en pendiente suave, donde generalmente el manto freático se encuentra por debajo de 5-15m de profundidad. Ocupan un territorio de 21 600 km<sup>2</sup>, lo que representa cerca del 53% del área total de suelos con drenaje deficiente. Dentro de ellos se separan los siguientes suelos:

Ferralíticos Cuarcíticos Amarillo Rojizo Lixiviado gleyzoso.

Ferralítico Cuarcítico Amarillo Rojizo Lixiviado Laterizado.

Ferralítico Amarillento Lixiviado típico.

Ferralítico Amarillento Lixiviado laterizado.

Oscuro Plástico Neoautomórfico.

Oscuro Plástico Gleyzoso.

Aluvial gleyzoso y diferenciado.

**B : Suelos de formación hidromórfica.**

Este grupo de suelos ocupan un territorio de 19 340 km<sup>2</sup>, y en los suelos se refleja la influencia de la gleyzación en casi todo el perfil. Ellos generalmente están sometidos a una hidromorfía de capa freática. Dentro del grupo se incluyen:

Gley Oscuro Plástico

Gley Cuarcítico Concrecionario típico

Gley Cuarcítico Concrecionario laterizado

Suelos Salinos

Suelos cenagosos.

Dentro de las propiedades físicas e hidrofísicas la velocidad de infiltración revela el carácter de drenaje deficiente de los suelos, lo que se presenta en la Tabla 1.

| Suelo   | Prof.<br>cm. | Velocidad de infiltración |         |
|---|--------------|---------------------------|---------|
|   |              | mm/min                    | mm/hora |
| Ferralítico Amarillento Lixiviado típico.                   | 0-10         | 0.70                      | 42.0    |
|   | 38-62        | 0.03                      | 1.8     |
|   | 62-110       | 0.004                     | 0.2     |
| Igual, laterizado   | 0-15         | 0.50                      | 30.0    |
|   | 32-50        | 0.08                      | 4.8     |
|   | 90-120       | 0.004                     | 0.2     |
| Ferralítico Cuarcítico Amarillo Rojizo Lixiviado laterizado | 0-17         | 0.10                      | 6.0     |
|   | 80-100       | 0.003                     | 0.2     |
|   | 0-15         | 0.20                      | 12.0    |
|   | 60-80        | 0.02                      | 1.2     |
| Oscuro Plástico Gley zoso, negro.                           | 0-20         | 0.05                      | 3.0     |
|   | 40-60        | 0.002                     | 0.12    |
|   | 80-100       | 0.001                     | 0.06    |
| Aluvial gleyzoso y diferenciado.                            | 0-15         | 0.11                      | 6.6     |
| Gley Oscuro Plástico  | 0-10         | 0.04                      | 2.4     |
|   | 50-60        | 0.01                      | 0.6     |
|   | 0-15         | 0.01                      | 0.6     |
| Gley Cuarcítico Concrecionario típico                       | 0-10         | 0.7                       | 42.0    |
|   | 100-140      | 0.1                       | 6.0     |

Tabla 1: Velocidad de infiltración en algunos de los suelos con drenaje deficiente en Cuba

## RESUMÉ

Ce travail présente les caractéristiques les plus importantes, ainsi que la répartition des sols à drainage médiocre à Cuba et également leurs propriétés physiques et hydrophysiques ce qui, dans une certaine mesure, contribue à adapter une ligne de conduite plus appropriée concernant l'amélioration par le drainage et l'irrigation des régions agricoles de Cuba.

Pour la mettre en oeuvre, on a pris les résultats obtenus dans différentes recherches sur les propriétés physiques et hydrophysiques des sols des plaines de Cuba en établissant une carte schématique à l'échelle 1/1 000 000 des sols à drainage médiocre et en utilisant la classification génétique des sols de Cuba (Institut des Sols, 1980).

A Cuba, ces sols à drainage médiocre occupent une surface d'environ 41 000 km<sup>2</sup>, soit 37 % du territoire national et ils se regroupent de la façon suivante :

A - Sols de formation semi-hydromorphes.

On les observe sur un relief plat et parfois sur une pente douce où la nappe phréatique se trouve généralement en dessous de 5-15 m. Ils occupent un territoire de 21 600 m<sup>2</sup>, ce qui représente près de 53 % de la surface totale des sols à drainage médiocre. Parmi eux, on distingue les sols suivants :

- Ferrallitique quartzitique, jaune rouge, lessivé, à gley ;
- Ferrallitique quartzitique, jaune-rouge, lessivé, latéritique ;
- Ferrallitique, jaunâtre, lessivé, typique ;
- Vertisol néo-automorphe ;
- Vertisol à gley ;
- Alluvial à gley et différencié.

B - Sols de formation hydromorphe.

Ils occupent une surface de 19 340 km<sup>2</sup> et l'influence de la gleyification se reflète dans presque tout le profil. Ils sont généralement soumis à une hydromorphie de la nappe phréatique. Dans ce groupe, il y a :

- Les sols foncé plastique à gley,
- les sols concrétionnés typiques, à gley, à quartzite ;
- les sols concrétionnés, latéritiques, à gley, à quartzite ;
- les sols salins ;
- les sols tourbeux.

Parmi les propriétés physiques et hydrophysiques, la vitesse d'infiltration (voir tableau I) révèle le drainage médiocre des sols

| Sol  | Prof.<br>cm | Vitesse d'infiltration |          |
|--|-------------|------------------------|----------|
|  |             | mm/min.                | mm/heure |
| Ferrallitique jaunâtre   | 0-10        | 0,70                   | 42,0     |
| Lessivé typique  | 38-62       | 0,03                   | 1,8      |
|  | 62-110      | 0,004                  | 0,2      |
| Ferrallitique jaunâtre   | 0-15        | 0,50                   | 30,0     |
| Lessivé latéritique<br>typique                                       | 32-50       | 0,08                   | 4,8      |
|  | 90-120      | 0,004                  | 0,2      |
| Ferrallitique à<br>quartzite jaune,<br>Rouge, Lessivé<br>Latéritique | 0-17        | 0,10                   | 6,0      |
|  | 80-100      | 0,003                  | 0,2      |
| Foncé plastique à<br>gley noir                                       | 0-15        | 0,20                   | 12,0     |
|  | 60-80       | 0,02                   | 1,2      |
|  | 0-20        | 0,05                   | 3,0      |
| Alluvial à gley<br>et différencié                                    | 40-60       | 0,002                  | 0,12     |
|  | 80-100      | 0,001                  | 0,06     |
|  | 0-15        | 0,11                   | 6,6      |
| A gley foncé<br>plastique  | 0-10        | 0,04                   | 2,4      |
|  | 50-60       | 0,01                   | 0,6      |
|  | 0-15        | 0,01                   | 0,6      |
| Concrétionnaire<br>typique à gley,<br>à quartzite                    | 0-10        | 0,7                    | 42,0     |
|  | 100-140     | 0,1                    | 6,0      |

Tableau 1 - Vitesse d'infiltration dans quelques-uns des sols à drainage médiocre à Cuba.

## INTRODUCCIÓN

Para contrarrestar la incidencia del período seco (noviembre-abril) del clima tropical de humedad alternante en el desarrollo vegetativo de los cultivos, en nuestro país desde sus inicios el Gobierno Revolucionario apoyó el desarrollo de obras hidráulicas para aumentar el volumen del agua de riego, lo cual prácticamente fue nulo en los años de su republica. En Cuba en los últimos 20 años se incrementó el volumen de agua embalsada para el riego y, además se desarrollaron los sistemas de riego e incluso en este último quinquenio se han montado industrias para equipos de regadío. Estas medidas permitieron que se aumentara considerablemente el área bajo riego de los cultivos principales (caña, arroz, pastos, etc.).

Sin embargo se ha podido comprobar que las medidas para el drenaje de los suelos no ha marchado paralelo a la política de riego, lo cual ha conllevado que en muchos casos, a pesar de aplicarse medidas de mejoramiento por el riego, no se hayan obtenido los resultados agrícolas esperados.

Motivados por estos antecedentes hemos preparado este trabajo, con el objetivo de aportar algunos aspectos sobre los suelos con drenaje deficiente de Cuba, lo cual esperamos que, en cierta medida, contribuya a la política perspectiva de mejoramiento por el riego y drenaje en las regiones agrícolas del país.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se elaboró mediante una adecuación de los resultados obtenidos en diversas investigaciones sobre las propiedades físicas e

hidrofísicas de los suelos, confeccionándose además un mapa esquemático a escala 1:1 000 000 de los suelos con drenaje deficiente, fundamentado en el mapa genético de los suelos de Cuba en escala 1:250 000 (Instituto de Suelos, 1971) y en la clasificación genética (Instituto de Suelos, 1980).

Los resultados utilizados por nosotros son de Nakaidze y Si meón, 1972; Nakaidze, 1975; Instituto de Suelos, 1973; Rivero y Bouza, 1974; Agafonov et al., 1978 y Hernández et al., 1982.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Entre los factores principales que condicionan las regiones de sue los con drenaje deficiente en Cuba, se encuentran:

- a. Aproximadamente las 2/3 partes de nuestro territorio son llanuras, de las cuales una gran extensión son formadas de sedimentos cuaternarios.
- b. Los suelos que ocupan estas llanuras se formaron de sedimentos arcillosos y arcillo limosos o de dos miembros (arenosos y are no-limosos sustentados por arcillas impermeables), que condi cionan una lenta evacuación de las aguas superficiales.
- c. La evolución del relieve de Cuba está acompañada por períodos cíclicos de acumulación y tectogénesis. En estas condiciones, en la formación de los suelos de llanuras pueden existir cam bios en el régimen de drenaje; en algunos casos aquellos que fueron formados por procesos hidromórficos de capa freática, hoy en día la hidromorfía puede deberse solamente al sobrehu medecimiento superficial en época de lluvia.

En las llanuras cuaternarias debido a los movimientos en blo ques (Iturralde, 1977), ya sea por levantamiento o subsidencia, el régimen de drenaje puede cambiar de hidromórfico a hidromórfico su superficial y aún a neautomórfico, o al revés; es decir cambien desde el automórfico al hidromórfico.

Por otra parte en las llanuras mio-pliocénicas, la formación aluvial y lacustre dentre de ellos, dio lugar a zonas depresiona les internas donde generalmente se presentan suelos con síntomas

de hidromorfía antigua que han cambiado a una hidromorfía superficial (por ejemplo en la depresión de San Antonio, en el Valle de Santa Coloma, en la llanura de Manacas).

En las condiciones antes mencionadas, la formación de los suelos tiene lugar bajo los procesos de pseudogley, pseudopodzolización, platogénesis (slitogénesis), gleyzación, laterización, salinización y acumulación de turbas y margas; dando lugar a diferentes tipos y subtipos de suelos con drenaje deficiente. Estos suelos ocupan una extensión aproximada de 40 000 Km<sup>2</sup>, es decir alrededor del 37% del territorio nacional.

Sobre la base del mapa genético de los suelos de Cuba 1:250 000 y de la Clasificación Genética (año 1979), hemos confeccionado el mapa esquemático de los suelos con drenaje deficiente en escala 1:1 000 000, donde se destacan los siguientes suelos:

Suelos de formación Semihidromórfica (Hidromórfica Superficial)

- 1.1 Ferralíticos Cuarcíticos Amarillos y Amarillos Rojizos Lixiviados gleyzados.
- 1.2 Ferralíticos Cuarcíticos Amarillos y Amarillos Rojizos Lixiviados, laterizados.
- 2.1 Arenoso Cuarcítico gleyzoso.
- 3.1 Ferralítico Amarillento Lixiviado, típico.
- 3.2 Ferralítico Amarillento Lixiviado, laterizado.
- 4.1 Oscuros Plásticos Neautomórficos y Aluviales diferenciados y gleyzados.
- 5.1 Oscuros Plásticos Gleyzados.

Suelos de formación hidromórfica.

- 6.1 Gley Oscuro Plástico
- 7.1 Gley Cuarcítico Concrecionario típico.
- 7.2 Gley Cuarcítico Concrecionario laterizado
- 8.1 Suelos Salinos (Solonchak)
- 8.2 Suelos Cenagosos.

Suelos con hidromorfía superficial (Semihidromórficos).

- 3.1 Estos suelos se caracterizan por tener un relieve llano, a veces de pendiente suave, donde generalmente el agua freática se

encuentra más abajo de los 5-15 m. Ellos se distribuyen en las zonas bajas de las llanuras pliocénicas y en las cuaternarias antiguas; ocupando un área de 21 600 Km<sup>2</sup> lo que representa el 53% del total de suelos con drenaje deficiente.

En estas regiones hay diferentes tipos de suelos, los cuales se presentan a continuación.

### 3.1.1 Suelos Ferralíticos Cuarcíticos Amarillos y Amarillos Rojizos Lixiviados gleyzados y laterizados (I.1 y I.2).

Estos suelos se presentan principalmente, en las provincias de Pinar del Río y Villa Clara y en la Isla de la Juventud. En total, ocupan alrededor de 1 075 Km<sup>2</sup>, lo que representa el 2,6% del total.

Los suelos presentan diferencia textural, correlacionándose los del subtipo laterizado con los suelos pseudopodzólicos.

El perfil es de tipo A<sub>1</sub> A<sub>2</sub> B<sub>t</sub> C, con textura loam ligero-loam arenoso y color gris pardusco (7,5YR 6/2) a pardo amarillento grisáceo (10YR 6/2) en superficie.

El color cambia en profundidad a amarillento-amarillo rojizo, siendo la textura más arcillosa.

En el subtipo laterizado en el límite de la diferenciación textural se presentan bloques y fragmentos de mocarrero, con perfil de tipo A<sub>1</sub> A<sub>2</sub> B<sub>t</sub> C, con textura loam ligero-loam arenoso y color gris pardusco (7,5YR 6/2) a pardo amarillento grisáceo (10YR 6/2) en superficie.

La estructura es del tipo terronoso subangular en A<sub>1</sub> y A<sub>2</sub>, poco estable, mientras que en los horizontes B<sub>t</sub> y C tiende a ser de agregados de mayor tamaño, a veces de prismas finos en forma de cuña.

En las Tablas 1 y 2 se presentan los resultados analíticos de algunas propiedades físicas e hidrofísicas de estos suelos.

El carácter del drenaje deficiente, además de los índices morfológicos de los perfiles, queda evidenciado con los valores de la velocidad de infiltración, los cuales son de 0,5-0,7 mm/min en la parte superior del perfil y entre 0,03-0,08 en la parte inferior.

El cálculo teórico de las normas de riego son: 98-140, 293-352 y 700-720 m<sup>3</sup>/ha para las capas de 0-20, 0-50 y 0-100 cm respectivamente en estos dos perfiles (Tabla 10).

Los perfiles 814 y 820 del subtipo laterizado por sus propiedades, se diferencian de los gleyzados. Ellos son aún más ligeros en superficie, con un contenido menor de 10% de arcilla física en la parte superior del perfil (Tabla 2). A partir de 30 cm se muestra la capa de laterita, sustentada por una capa arcillosa, con un contenido entre 35-57% de arcilla física, de composición ferralítica, muchas veces con síntomas de gleyzación antigua.

El carácter de drenaje deficiente de estos suelos está dado por el valor de la porosidad de aeración en la capa más arcillosa y los valores bajos de la velocidad de infiltración (0,1-0,2 mm/min en superficie y 0,02-0,003 mm/min en la parte inferior).

Los datos de la Tabla 10, sobre las normas de riego en los perfiles, muestran diferencias con los del subtipo laterizado la norma de riego, en el subtipo laterizado, es de 49-80 m<sup>3</sup>/ha en la capa 0-20 cm.

Por las condiciones de formación de estos suelos y sus características morfológicas e hidrofísicas, se recomienda efectuar labores de drenaje para la evacuación del sobrehumedecimiento superficial en época de lluvia; así, como la necesidad de riego en época seca. Como demuestran los resultados, las normas de riego deben ser frecuentes y con poca cantidad; tratando de mantener un contenido de humedad del suelo entre 80% de capacidad de campo y el valor de la capacidad de campo.

### 3.1.2 Suelos Arenosos Cuarcíticos gleyzados (II.1)

Dentro de los suelos con drenaje deficiente, éstos son los menos extensivos, distribuyéndose en el oeste de Pinar del Río y en la Isla de la Juventud. Ellos ocupan alrededor de 678 Km<sup>2</sup> (1,6% del total).

La morfología del perfil se destaca por un horizonte superficial de 15-20 cm de espesor, de color gris claro, de una arena suelta, sin estructura, muy friable, con poco o mediano contenido de raíces, generalmente seco; que pasa a un amarillo claro de 20-25 cm de espesor, arenoso suelto, sin estructura muy friable y poroso, pocas raíces y generalmente seco. Entre 40 y 70 cm de profundidad el color es amarillo, a veces con algunas manchas rojizas, arenoso, sin estructura y prácticamente sin raíces; pasando entre 70-90 cm, o aún más profundo, a un horizonte de textura loam ligera, de color gris amarillento, a veces con manchas rojizas y azulosas, un poco más húmedo.

La porosidad y la velocidad de infiltración en estos suelos son relativamente altas (velocidad de infiltración de 1-6 mm/min, Tabla 3); sin embargo, entre los 80-100 cm de profundidad tiende a aumentar el contenido en arcilla, provocando un sobrehumedecimiento en profundidad, sobre todo en época de lluvia. Estas características pueden provocar condiciones desfavorables en cultivos de raíces profundas como el cítrico. Ésta es la razón fundamental por la cual, a pesar de la infiltración rápida del agua en estos suelos, nosotros los colocamos dentro de los suelos con drenaje deficiente. Un cálculo al 80% de su capacidad de campo arroja normas de riego muy bajas (34-74 m<sup>3</sup>/ha para la capa de 0-20 cm y de 284 - 367 m<sup>3</sup>/ha, para el espesor de 1 metro).

### 3.1.3 Suelos Ferralíticos Amarillentos Lixiviados típicos y laterizados (III.1 y III.2).

Estos suelos se distribuyen dentro de las regiones de los suelos Ferralíticos Rojos; ocupando áreas cercanas a los drenajes o antiguas depresiones; aunque, también, aparecen en las regiones de contacto entre los suelos Ferralíticos y los Oscuros Plásticos.

Su formación es a partir de materiales transportados, generalmente ferralitizados y diferenciados texturalmente, sustentados sobre caliza dura. En sus inicios la formación del suelo estuvo regida por los procesos hidromórficos, pero hoy en día el régimen es hidromórfico superficial. Durante la formación del suelo tuvieron lugar la gleyzación y pseudogleyzación; así como la pseudopodzolización en las regiones donde la diferenciación textural es más marcada.

La morfología del perfil es variada, motivado por la intensidad del proceso hidromórfico antiguo, la hidromorfía superficial actual, la composición mecánica de los materiales sedimentados y la intensidad del concrecionamiento, la laterización y la humificación.

De esta forma, los subtipos típicos pueden ser variables en textura en los horizontes superficiales, pero siempre presentan los siguientes índices:

- Diferencia de textura en el solum, con síntomas de lixiviación.
- Manifestación de colores amarillentos en el perfil.

- Formación de concreciones en cantidades considerables.
- Índices de hidromorfía superficial con síntomas de gleyzación.
- Gleyzación antigua con presencia de moteado azulado, con manchas rojas y amarillas en el horizonte C.

La velocidad de infiltración es otro índice del drenaje deficiente en estos suelos, la cual en superficie es de 0,02-0,08 mm/min y en el comienzo de la capa arcillosa impermeable aún más baja (0,006-0,009 mm/min).

Las normas de riego es de 158-171 m<sup>3</sup>/ha para la capa de 0-20 cm y de 415-513 m<sup>3</sup>/ha en el espesor de 0-50 cm. Dentro de los suelos con drenaje deficiente, los Ferralíticos Amarillentos Lixiviados representan los de mejor productividad, sobre todo las especies arcillosos. La aplicación de medidas de drenaje para la utilización en caña de azúcar, seguramente darán buenos rendimientos en las cosechas.

#### 3.1.4 Suelos Oscuros Plásticos Neautomórficos y Aluviales gleyzoso y diferenciados (IV.1).

Los suelos aquí agrupados se distribuyen en llanuras cuaternarias más antiguas, formados, de materiales transportados de composición sialítica; generalmente en paisajes, transicionales entre los suelos Pardos y Húmicos Carbonáticos y los suelos Oscuros Plásticos Gleyzosos. Aunque pertenecen a tipos diferentes de suelos, todos son arcillosos, profundos, generalmente con una buena cantidad de arcilla 2:1 lo cual hace que la velocidad de infiltración no sea rápida.

Ocupan un territorio bastante amplio en nuestro país, 8 140 Km<sup>2</sup>, o sea, cerca del 20% del total de suelos con drenaje deficiente.

Los suelos Oscuros Plásticos Neautomórficos se caracterizan por ser arcillosos, profundos, con estructura en forma de bloques prismáticos. El color, generalmente, es pardo oscuro a negro grisáceo en superficie, sin que presenten síntomas marcados de gleyzación. Pueden estar en relieve llano a ligeramente ondulado.

Los suelos Aluviales Diferenciados y gleyzosos, generalmente son de textura loam pesado a arcilla ligera, de color pardo oscuro pardo en superficie y con estructura en forma de pequeños bloques prismáticos. Se forman en los llanos aluviales presentándose una transición algo notable entre los horizontes debido a la influencia biológica, al arcillamiento y la formación de estructura prismática, bien estable.

En la Tabla 5, se muestran los datos de 2 perfiles de estos suelos; HT-6, representativo de los suelos Oscuros Plásticos Neoautomórficos, y OT-5, de los suelos Aluviales diferenciados y gleyzosos.

Por su porcentaje en arcilla física se observa que son más arcillosos que los perfiles vistos hasta el momento, con textura arcilla ligera a mediana en HT-6 y loam pesado en OT-5.

Los valores de la velocidad de infiltración demuestran el drenaje intrasuelo tan deficiente en el perfil HT-6 (0,005 mm/min).

En el perfil OT-5, el peso específico es más alto y la densidad (no determinada en su capacidad de campo) resulta bastante alta, con valores entre 1,32-1,55 g/cm<sup>3</sup>. La infiltración, aunque no es tan extremadamente baja como en los suelos Oscuros Plásticos, resulta lenta.

Las normas de riego calculadas, solamente en el perfil HT-6, resultan de 267, 670 y 1 270 m<sup>3</sup>/ha para las capas de 0-20, 0-50 y 0-100 cm, respectivamente.

### 3.1.5 Suelos Oscuros Plásticos Gleyzosos. (V.1).

Resultan los más difundidos dentro de los suelos con drenaje deficiente, con una extensión aproximada de 9 250 Km<sup>2</sup> o sea, 22,6% del total. A todos les es común el arcillamiento intenso del perfil del suelo, el régimen semihidromórfico y la estructura en forma de bloques prismáticos. Por lo general, son suelos oscuros, carbonatados o no, y a veces salinizados. Pueden presentar síntomas de gleyzación.

Algunas de las propiedades de estos suelos se presentan en los datos de la Tabla 6; donde se reflejan 3 perfiles (OT-6, 774 y 1 056). En ellos se nota el carácter bastante arcilloso del perfil del suelo (textura arcilla mediana en OT-6 y 1 056 y arcilla ligera en 774).

La velocidad de infiltración es casi nula, siendo entre 0,05-0,07 mm/min en la parte superior del perfil.

Las normas de riego, arrojan resultados entre 260-280, 664-707 y 1 330- 1 426 m<sup>3</sup>/ha para las capas de 0-20, 0-50 y 0-100 cm del espesor del suelo respectivamente.

### 3.2 Suelos de formación Hidromórfica

Estos suelos se agrupan por su condición hidromórfica producida por la influencia de la capa freática, planteándose 4 divisiones de suelos: gley oscuros plásticos, gley cuarcíticos concrecionarios, suelos salinos y suelos cenagosos. Ocupan 19 343 Km<sup>2</sup>, o sea cerca del 47 % del área de suelos con drenaje deficiente. De ellos, 10 388 Km<sup>2</sup> están ocupados por suelos hidromórficos minerales y 8 954 Km<sup>2</sup> por suelos cenagosos.

Si las labores de drenaje en los suelos semihidromórficos deben realizarse para evacuar la humedad excesiva superficial en época de lluvias, entonces, en los suelos hidromórficos, el problema del drenaje es más complicado. En estos últimos deben atenderse, además, las labores de drenaje para disminuir el nivel de la capa freática.

#### 3.2.1 Suelos gley oscuros plásticos (VI. I).

Se forman a partir de sedimentos arcillosos y arcillo limosos; ocupando aproximadamente 5 400 Km<sup>2</sup>, lo que representa 13,1% del total de suelos con drenaje deficiente.

En los gley oscuros plásticos, generalmente, hay una capa freática que oscila entre 1-3 m de profundidad y que provoca procesos de salinización en el perfil del suelo el cual es variable en dependencia del grado de mineralización de las aguas freáticas y de su influencia por el perfil del suelo. La salinidad en estos suelos varía desde 0,2-0,3 hasta 0,6-0,8 de sales solubles totales.

Por sus características, en los suelos gley oscuros plásticos, las labores de drenaje deben efectuarse correctamente, de forma tal que no sólo se logre la disminución del nivel freático que provoca las condiciones anaeróbicas cercanas a la superficie del suelo, sino, además que se evite la influencia continuada de la salinización por este manto freático.

Morfológicamente los suelos presentan un horizonte negro a gris oscuro en superficie, profundo, muy arcilloso, el cual puede llegar hasta 40 cm de profundidad, presentando una estructura de bloques prismáticos aunque no tan manifiesta como en los suelos oscuros plásticos gleyzosos. En profundidad, el suelo presenta síntomas de gleyzación que

se diagnóatican por el moteado gris azulado en un fondo amarillento pardusco del suelo. En época de lluvia el perfil se humedece fuertemente, lo cual provoca condiciones de anaerobiosis en el suelo.

Bajo estas condiciones muchas veces la acumulación de la materia orgánica es grosera, debida a su lenta descomposición.

Los valores de la velocidad de infiltración (0,01-0,04 mm/min) nos indican, además, la evacuación tan lenta de las aguas, superficiales en estos suelos, ello unido a la influencia de las aguas freáticas, nos indica el carácter tan deficiente del drenaje. (Tabla 7).

Las normas de riego son de 234-250, 584-625 y 1 193-1 250 m<sup>3</sup>/ha para las capas de 0-20, 0-50 y 0-100 cm, de espesor de suelo, respectivamente.

### 3.2.2 Suelos Gley Cuarcíticos Concrecionarios gleyzados y laterizados (VII.1, VII.2).

Estos suelos están formados por 2 miembros y afectados por el proceso hidromórfico actual; se correlacionan con los suelos Gley Seudopodzólicos Gris-Amarillentos.

La distribución de los suelos gley cuarcíticos concrecionarios ocupa una extensión de 4 450 Km<sup>2</sup> (10,9% del total), presentándose en las llanuras acumulativas recientes, con alturas menores de 20 m. El subtipo laterizado se forma entre los 10-20 m y el típico por debajo de los 10 m.

Los suelos presentan entre 0-20 cm un color gris oscuro en superficie, a veces negro grisáceo; son arenosos y poco estructurados; pasando entre 20-40 cm a una arena grisácea con síntomas de pseudogley, sin estructura y con muchas concreciones de 1-2 cm de diámetro. Por debajo de los 40 cm aumenta el contenido de arcilla, presentándose un horizonte de 40-70 cm con textura loam-ligero-mediano, color amarillo, a veces con síntomas de gleyzación y concreciones, sin estructura. Entre 70-100 cm y más profundo, aparece un horizonte gleyzado de textura loam mediano a arcilla ligera, generalmente húmedo, plástico y pegoso, de color amarillento con vetas azules y grisáceas.

En el subtipo laterizado, en el contacto entre las capas arenosas y arcillosas, se presentan los bloques de lateritas. En las altu-

ras mayores se pueden producir cambios en la morfología del perfil, presentándose neoformaciones lateríticas dentro del perfil del suelo.

Los perfiles 805 y 807 son representativos del subtipo típico y el IP-8 del laterizado. En las Tablas 8 y 9 se muestran datos de las propiedades físicas e hidrofísicas de estos suelos. Por los mismos se destaca la textura subarenosa a loam ligero en superficie (11,5-26,6% de arcilla física), aumentando en profundidad (hasta 44-54 %).

En el límite entre las 2 capas en el subtipo laterizado aparecen formaciones de concreciones y pequeños fragmentos ferruginosos endurecidos. La velocidad de infiltración es entre 0,7-1,5 mm/min en el horizonte superficial, mientras que disminuye en profundidad (0,1-0,4 mm/min).

Las normas de riego, calculadas en el subtipo típico, son de 74-90, 195-257 y 487-601 m<sup>3</sup>/ha para las capas de 0-20, 0-50 y 0-100 cm, respectivamente.

En el perfil IP-8, subtipo laterizado se nota una distribución de partículas similar al del subtipo típico, es decir, una diferenciación textural donde se produce la lixiviación y gleyzación superficial, llegando en casos extremos a la redistribución del hierro y su salida en forma de concreciones y pequeños fragmentos de mocoarreo que se manifiestan en la capa de 20-35 cm de profundidad, dando lugar a la formación de lateritas.

Por otra parte, hay una velocidad de infiltración relativamente alta en superficie (2 mm/min) dada por la textura arenosa y el lavado lateral que ocurre por la micropendiente y las condiciones de 2 miembros en estos suelos.

Las normas de riego son de 74, 198 y 411 m<sup>3</sup>/ha para las capas de 0-20, 0-50 y 0-100 cm de espesor del suelo, respectivamente.

### 3.2.3 Suelos salinos y suelos cenagosos (VII.1 IX.1)

Los suelos salinos ocupan un área poco extensiva, alrededor de 530 Km<sup>2</sup> o sea, 1,3% del total. Ellos se encuentran principalmente ubicados en el valle de Guantánamo y en una región de la margen derecha del río Cauto, a una altura entre 20-40 m.

Generalmente aparecen asociados a suelos hidromórficos y oscuros plásticos.

En estas regiones los suelos tienen un contenido de sales solubles totales mayor de 1 %, localizado generalmente cerca de la superficie y aumentando en profundidad, característico para el tipo de suelos solonchak.

Los solonchaks, a pesar de ser de textura arcillosa, no están sometidos a los procesos de contracción y dilatación como los suelos oscuros plásticos, provocando en los primeros, que las sales sí asciendan por capilaridad, sobre todo en época de seca.

La infiltración generalmente es baja y la aplicación de medidas de mejoramiento deben ejecutarse solamente cuando estén fundamentadas por investigaciones que contemplen métodos de desalinización y control de nivel freático.

Los suelos cenagosos ocupan aproximadamente 8 900 Km<sup>2</sup>, o sea, alrededor del 21,7 % del área total. Medidas de drenaje deben hacerse cuidadosamente, y pensamos que, en nuestra agricultura, primeramente deben encaminarse los esfuerzos a lograr métodos correctos de utilización del fondo agrícola de suelos minerales antes de abordar la problemática de recuperación de los suelos cenagosos.

### 3.4 Influencia del drenaje deficiente en la caña de azúcar

La mayoría de las regiones de suelos con drenaje deficiente (con excepción de ciénagas y pantanos), en Cuba se encuentran bajo caña de azúcar, pastos artificiales, potreros naturales y arroz. En muchas de estas regiones debido al carácter de humedad alternante de nuestro clima, con una época de seca desde noviembre hasta abril, se han puesto bajo riego grandes áreas.

La aplicación del riego para la caña o los pastos en áreas mal drenadas, sin medidas de drenaje, conlleva al empantanamiento y/o la salinización de las tierras, produciendo una disminución en los sedimentos, al revés de los beneficios esperados con la inversión realizada.

Sobre este problema se han manifestado diferentes trabajos e informes (Margulis y Simeón, 1976; Hernández et al., 1978, 1982, 1985).

Con relación a la influencia del empantamiento de los suelos en el cultivo de la caña de azúcar, algunos resultados se han obtenido. Shishov (1975), planteó que el sobrehumedecimiento prolongado de los suelos disminuye bruscamente el potencial redox, lo que impide el crecimiento normal de la caña de azúcar. En sus resultados experimentales encontró que después de 10-15 días de encharcamiento del suelo, resulta riesgoso sembrar la caña de azúcar, delimitando un período de 5 días como el máximo posible, ya que después de transcurrido este tiempo las consecuencias del desarrollo de la anaerobiosis es notable.

Planteó al mismo tiempo Shishov que deben buscarse medidas agrótécnicas especiales en Cuba (como en Guyana y Louisiana) para el cultivo de la caña de azúcar en suelos hidromórficos.

En los estudios sobre el régimen hídrico de suelos Gley Oscuros Plásticos y su influencia en los rendimientos de la caña de azúcar, Bouza y Rivero (1982); en la región de Falla obtuvieron resultados que evidencian el carácter del drenaje deficiente de los suelos en los sedimentos agrícolas e industriales de este cultivo (Tabla 11).

El sobrehumedecimiento a que estuvieron sometidas las parcelas conllevan a una disminución del 43% en el rendimiento de t/ha en caña, y a una reducción del 47% de t/ha en el pol. Estos datos nos demuestran que la disminución en los rendimientos provocado por el drenaje deficiente, afecta más que los beneficios que pueden esperarse con la aplicación del riego.

Si tenemos en cuenta además que la aplicación del riego sin drenaje en suelos mal drenados aumenta las posibilidades del empantamiento, llegamos al convencimiento que es más importante aplicar el drenaje en estos suelos que el regadío.

La aplicación el riego puede conllevar además a la salinización secundaria en los suelos. Señalan Hernández et al (1985) la necesidad de tener en cuenta que la mayoría de los suelos cañeros de las regiones orientales se encuentran en llanuras acumulativas con suelos Oscuros Plásticos, Gley Oscuros Plásticos y Aluviales; muchas veces salinizados y asociados a manchas de Solonchaks. Estos suelos tienen drenaje deficiente y con la aplicación de riego, puede cambiarse los ni-

veles de las aguas freáticas rápidamente hacia los horizontes superficiales conllevando a la salinización secundaria del perfil del suelo y/o su empantanamiento.

Los problemas de salinización secundaria por el riego intensivo sin drenaje han tenido y tienen incidencia en los rendimientos de los principales cultivos del país. Señala Martín (1970) que la intensidad del riego en las llanuras mal drenadas del sur de Pinar del Río, conllevó a la intrusión salina en los pozos y la salinización secundaria en los suelos por la irrigación con agua de mala calidad lo que dio pésimos resultados en las cosechas de arroz durante la década de 1950-1960.

En el Valle de Guantánamo, el riego sin drenaje en suelos mal drenados conllevó a su salinización secundaria, disminuyendo considerablemente los rendimientos en caña de azúcar.

Hernández et al. (1983) demostraron que la aplicación del riego en suelos Oscuros Plásticos y Gley Oscuros Plásticos de Cristino Naranjo (Holguín), sin medidas de drenaje, conllevó a la salinización secundaria de los suelos y los rendimientos de los cultivos (Tabla 12).

Es decir que el manejo de los suelos con drenaje deficiente debe ser cuidadoso y sobre todo deben conocerse bien sus características cuando se aplican medidas como el regadío ya que en las condiciones de Cuba conlleva al empantanamiento de los suelos y/o la salinización secundaria, fenómenos estos que afectan los rendimientos de los cultivos.

#### 4. Sumario y Recomendaciones

En Cuba, los suelos con drenaje deficiente ocupan aproximadamente 40 800 Km<sup>2</sup>, lo que representa el 37% del territorio nacional. De estos suelos, los semihidromórficos son cerca de 21 600 Km<sup>2</sup>, los hidromórficos minerales 10 300 Km<sup>2</sup> y los hidromórficos orgánicos 8 900 Km<sup>2</sup>.

Dentro de los semihidromórficos se incluyen diferentes tipos de suelos, los cuales se diferencian por sus propiedades. Sin embargo, a ellos les son muy comunes el relieve llano, la infiltración reducida del agua a través del perfil y la manifestación de condiciones anaeróbicas sobre todo en época de lluvias.

Dentro de los hidromórficos minerales también hay diferentes tipos de suelos, los cuales se unen por la deficiencia en el drenaje. Dentro de estos tipos se encuentran los gley oscuros plásticos, los gley cuarcíticos concrecionarios y los solonchaks.

Las áreas de suelos cenagosos (hidromórficos orgánicos), solamente se separan en este trabajo. La carencia de resultados investigativos sobre sus propiedades y de métodos de mejoramiento, no permite profundizar en su caracterización y recomendaciones.

Para obtener resultados favorables en el rendimiento de los cultivos, en los suelos de drenaje deficiente las medidas de mejoramiento para el riego deben ir acompañadas por medidas de drenaje; sobre todo para la caña de azúcar.

Deben tenerse en cuenta los procesos hidromórficos y semihidromórficos en el momento de planear las medidas de mejoramiento de estos suelos.

En los suelos semihidromórficos las normas de riego deben realizarse teniendo en cuenta las condiciones de formación de los suelos y sus propiedades físicas e hidrofísicas, tratando de mantener un nivel de humedad dentro de los límites de la humedad productiva.

Las labores de drenaje deben tener como objetivo, el facilitar la evacuación del sobrehumedecimiento superficial del suelo, sobre todo en época de lluvia.

En los hidromórficos las medidas de riego y drenaje deben hacerse con mucho más cuidado. Aquí es necesario distinguir los suelos hidromórficos minerales, generalmente salinizados, los solonchaks y los cenagosos.

Los que deben tratarse inicialmente por estas medidas son los hidromórficos minerales, y en ellos la ejecución de las medidas de mejoramiento son complejas, pues si se riegan sin drenar ocurre el empantamiento de los suelos. Si se aplican medidas de drenaje deben basarse en los resultados de trabajos experimentales previos, ya que el drenaje debe contemplar: evacuación del sobrehumedecimiento superficial, disminución del nivel freático y la dinámica de salinización del suelo.

En todos los casos, para la organización de las medidas de mejoramiento por riego y drenaje en nuevas extensiones de tierra para su explotación agrícola, es necesario realizar el estudio cuidadoso de las condiciones naturales, sobre todo donde existen mayores problemas con la deficiencia del drenaje.

#### BIBLIOGRAFÍA

- AGAFONOV, O., DLEGADO, R., RIVERO, L., y TATEVOSIAN, G. (1978): Propiedades físicas de los vertisuelos de Cuba, relacionadas con las particularidades de su génesis. Cien. Agr., 3:47-80.
- BOUZA, H., y RIVERO, L. (1982): Estudio de los regímenes hídrico y térmico en suelos Oscuros Plásticos. Informe final de Tema, Inst. Suelos, Acad. Cien. Cuba (mecanografiado).
- DAVITAYA, F. F., y TRUSOV, I. I. (1965): Los recursos climáticos de Cuba. Acad. Cien. Cuba, La Habana, 68 pp.
- HERNÁNDEZ, A. PITA, E., y PLANAS, G. (1978): Informe sobre el estudio de los suelos con relación al año 2 000. COMARNA, 120 pág. (Stencils).
- HERNÁNDEZ, A. OBREGÓN, A., ZHURIASLOVA, I. SALAZAR, A., y AGÜERO, C. (1982): Características genéticas y agroproductivas de suelos lixiviados concrecionarios o laterizados en relación con el cultivo de la caña de azúcar. Mem. 43 Conf. ATAC, Tomo 2:711-729.
- HERNÁNDEZ, A., OBREGÓN, A., RUIZ, J., y TORRES FONT, J. M. (1982): Regionalización geográfica de los suelos de Guantánamo con elementos de mejoramiento para la caña de azúcar. V Forum Científico. Acad. Cien. Cuba, La Habana.
- HERNÁNDEZ, A., TORRES FONT, J. M., RUIZ, J., VANTOUR, A., y SALAZAR, A. (1983): Propiedades de los suelos Oscuros Plásticos de Cristino Naranjo y factores limitantes para el cultivo de la caña de azúcar. VI Forum Científico. Acad. Cien. Cuba, La Habana.
- HERNÁNDEZ, A., TORRES FONT, J. M., RUIZ, J., DURÁN, J. L., SALAZAR, A., y CRUZ, V. (1985): Sobre los problemas de la salinización secundaria en los suelos cañeros de Guantánamo, Tunas y Holguín. Informe del ISAC presentado al MINAZ, La Habana.

- INSTITUTO DE SUELOS (1971): Mapa genético de los suelos de Cuba en escala 1:250 000 Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía, La Habana, 19 p.
- (1973): Génesis y clasificación de los suelos de Cuba. Acad. Cien. Cuba, La Habana, 315 p.
- (1980): Clasificación genética de los suelos de Cuba, año 1979. Acad. Cien. Cuba, 5-28 p.
- ITURRALDE, M. A. (1977): Los movimientos tectónicos de la etapa de desarrollo platafórmico en Cuba. Informe Científico Técnico 20 del Inst. de Geología: 3-24.
- MARGULIS, V., y SIMEÓN, F. R. (1976): Condiciones edafológicas y de mejoramiento de Cuba. Informe del Instituto de Hidroeconomía, 104 p. (stencils).
- MARTÍN, N. (1979): Estudio de la salinidad en los suelos de la granjas arroceras ubicadas en la llanura sur de Pinar del Río. Tesis de Grado. INCA, La Habana, 176 pp.
- NAKAIDZE, E. K. (1975): Particularidades suelo-mejorativas de Cuba (en ruso). Mezniereba, Tbilisi, 258 pp.
- NAKAIDZE, E. K., y SIMEÓN, F. R. (1972): Características generales de las propiedades hidromórficas de los principales suelos de Cuba. Voluntad Hidráulica 23:33-40.
- RIVERO, L., y BOUZA, H. (1974): Propiedades físicas e hidrofísicas de los suelos. En: Estudio Edafológico de Isla de Pinos, Acad. Cien. Cuba, La Habana, 107-117 p.
- SHISHOV, L. L. (1975): Condiciones pedológicas del cultivo de la caña de azúcar en Cuba. Autorreferata para optar por el grado de Doctor en Ciencias Agrícolas. Univ. Patricio Lumumba, Moscú, 35 pp.

**TABLAS**

**TABLEAUX**

| No. Per<br>fil | Prof.<br>cm | < 0,01<br>mm | P.E.<br>g/cm <sup>3</sup> | Peso<br>vol.<br>g/cm <sup>3</sup> | Por.<br>Total<br>g/cm <sup>3</sup> | Por.<br>Air.<br>% | Cap. Campe<br>% | Coef. Marchitez<br>% | Velocidad<br>Infiltra-<br>ción<br>mm/min |
|----------------|-------------|--------------|---------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|-------------------|-----------------|----------------------|--|
| 801            | 0-20        | 11,9         | 2,85                      | 1,70                              | 40,4                               | 5,2               | 35,2            | 18,6                 | 0,7                                      |
|                | 20-40       | 9,3          | 2,88                      | 1,70                              | 41,0                               | 5,5               | 32,5            | 18,9                 |  |
|                | 40-60       | 18,4         | 2,89                      | 1,74                              | 39,8                               | 5,6               | 34,2            | 17,6                 |  |
|                | 60-80       | 38,9         | 2,90                      | 1,74                              | 40,0                               | 3,3               | 36,7            | 19,7                 | 0,03                                     |
|                | 80-100      | 48,2         | 2,89                      | -                                 | -                                  | -                 | 36,0            | 19,4                 |  |
| 803            | 0-20        | 20,0         | 2,69                      | 1,25                              | 53,6                               | 21,0              | 32,6            | 20,3                 | 0,5                                      |
|                | 20-40       | 24,4         | 2,69                      | 1,20                              | 45,4                               | 10,3              | 35,1            | 16,3                 |  |
|                | 40-60       | 21,4         | 2,77                      |                                   |                                    |                   | 42,9            | 20,9                 | 0,08                                     |
|                | 60-100      | 37,7         | 2,75                      | 1,42                              | 48,4                               | 1,9               | 46,5            | 23,1                 |  |

Tabla 1 : Algunas propiedades físicas e hidrofísicas de los suelos Ferralíticos Cuarcíticos Amarillos y Amarillo Rojizos Lixiviados gleyzosos

| No. perfil | Prof.,<br>cm | %<br><0,01<br>mm               | P.e.<br>g/cm <sup>3</sup> | Peso<br>vol.<br>g/cm | Por.<br>Total<br>g/cm <sup>3</sup> | Por.<br>Air.<br>% | Cap. Campo<br>% | Coefficiente<br>Marchitez | Velocidad<br>Infiltración<br>mm/min. |
|------------|--------------|--------------------------------|---------------------------|----------------------|------------------------------------|-------------------|-----------------|---------------------------|--------------------------------------|
| 814        | 0-15         | 8,6                            | 2,86                      | 1,63                 | 43,1                               | 30,9              | 12,2            | 8,1                       | 0,2                                  |
|            | 30-40        | B l o q u e de L a t e r i t a |                           |                      |                                    |                   |                 |                           |                                      |
|            | 60-80        | 52,4                           | 2,96                      | 1,78                 | 39,0                               | 3,2               | 35,8            | 12,2                      | 0,02                                 |
|            | 100-120      | 56,2                           | 2,90                      | 1,74                 | 41,3                               | 6,7               | 34,6            | 15,7                      |                                      |
| 820        | 0-17         | 6,4                            | 2,89                      | 1,65                 | 42,8                               | 22,9              | 19,9            | 12,4                      | 0,1                                  |
|            | 30-50        | B l o q u e de L a t e r i t a |                           |                      |                                    |                   |                 |                           |                                      |
|            | 80-100       | 34,8                           | 2,90                      | 1,74                 | 40,0                               | 3,6               | 36,4            | 18,3                      | 0,003                                |
|            | 120-150      | 56,5                           | 2,98                      | 1,74                 | 41,8                               | 4,0               | 37,8            | 20,5                      |                                      |

Tabla 2 : Algunas propiedades físicas e hidrofísicas de los suelos Ferralíticos Cuarcíticos Amarillos Rojizos Lixiviados laterizados

| No. perfil | Prof.,<br>cm | %<br><0,01<br>mm | P.o.<br>g/cm <sup>3</sup> | Peso<br>vol.<br>g/cm | Por.<br>Total<br>g/cm <sup>3</sup> | Por.<br>Air.<br>% | Cap. Campo<br>% | Coefficiente<br>Marchitez | Velocidad In-<br>filtr.<br>mm/min |
|------------|--------------|------------------|---------------------------|----------------------|------------------------------------|-------------------|-----------------|---------------------------|-----------------------------------|
| IP-2       | 0-20         | 2,3              | 2,58                      | 1,45                 | 44,8                               | 36,4              | 8,4             | 0,4                       | 6                                 |
|            | 35-45        | 0,8              | 2,58                      | 1,47                 | 43,0                               | 34,7              | 8,4             | 0,5                       |                                   |
|            | 60-70        | 2,6              | 2,59                      | 1,55                 | 40,2                               | 20,1              | 20,0            | 0,9                       |                                   |
|            | 100-110      | 2,8              | 2,67                      | 1,55                 | 41,9                               | 21,2              | 20,8            | 1,0                       |                                   |
| IP-7       | 0-20         | 10,7             | 2,58                      | 1,54                 | 40,0                               | 21,5              | 18,5            | 9,5                       | 1,1                               |
|            | 30-40        | 9,6              | 2,62                      | 1,53                 | 41,6                               | 28,5              | 13,1            | 4,2                       |                                   |
|            | 45-55        | 9,4              | 2,63                      | 1,56                 | 40,7                               | 27,3              | 13,4            | 6,8                       |                                   |
|            | 90-100       | 19,6             | 2,71                      | 1,74                 | 36,3                               | 9,5               | 26,8            | 10,2                      |                                   |
|            | 120-130      | 21,7             |                           |                      |                                    |                   |                 |                           |                                   |

Tabla 3 : Algunas propiedades físicas e hidrofísicas de los suelos Arenosos Cuarcíticos gleyzosos

| No. de perfil | Prof., cm | % (O <sub>2</sub> O) mm | P.e g/cm | Peso vol. g/cm | Porosidad % |      | Cap. Campo % | Coef. March % | mm / min. |
|---------------|-----------|-------------------------|----------|----------------|-------------|------|--------------|---------------|-----------|
|               |           |                         |          |                | Total       | Aer. |              |               |           |
| SP-2          | 0 - 11    | 30,1                    | 2,68     | 1,50           | 43,8        | 5,7  | 38,1         | 19,4          | 0,02      |
|               | 11 - 19   | 30,3                    | 2,72     | 1,55           | 43,1        | 1,6  | 41,5         | 16,7          |           |
|               | 19 - 30   | 31,3                    | 2,86     | 1,52           | 46,9        |      |              |               |           |
|               | 30 - 41   | 44,6                    | 2,88     | 1,55           | 46,2        | 2,3  | 43,9         | 17,9          | 0,006     |
|               | 41 - 51   | 57,1                    | 2,95     | 1,61           | 45,5        | 0,4  | 45,1         | 21,6          |           |
|               | 60 - 70   | 53,8                    | 2,90     | 1,60           | 44,9        | 0,1  | 44,8         | 21,5          |           |
|               | 80 - 90   | 55,5                    | 2,81     | 1,50           | 46,6        | 3,1  | 43,5         | 20,6          |           |
|               | 110 - 130 | 56,5                    | 2,81     | 1,53           | 45,6        | 0,5  | 45,1         | 23,4          |           |
| SP-3          | 0 - 15    | 45,2                    | 2,59     | 1,35           | 47,9        | 5,4  | 42,8         | 22,6          | 0,08      |
|               | 20 - 30   | 45,8                    | 2,65     | 1,45           | 45,3        | 0,8  | 44,5         | 22,8          |           |
|               | 31 - 38   | 43,9                    | 2,72     | 1,47           | 46,0        | 2,0  | 43,9         | 20,9          |           |
|               | 38 - 46   | 57,3                    | 2,78     | 1,52           | 45,3        | 0,6  | 44,7         | 23,4          | 0,009     |
|               | 49 - 59   | 73,1                    | 2,80     | 1,45           | 48,2        | 1,8  | 46,4         |               |           |
|               | 65 - 75   |                         | 2,71     | 1,42           | 47,6        | 2,3  | 45,3         |               |           |
|               | 90 - 100  | 68,4                    | 2,75     | 1,40           | 49,1        | 2,9  | 46,2         |               |           |

Tabla 4 : Algunas propiedades físicas e hidrofísicas de los suelos Ferralíticos Amarillentos Lixiviados

| No. perfil | Prof.,<br>cm | %<br><0,01<br>mm | P.e.<br>g/cm <sup>3</sup> | Peso<br>vol.<br>g/cm | Por.<br>Total<br>g/cm <sup>3</sup> | Por.<br>Air.<br>% | Cap. Campo<br>% | Coefficiente<br>Marchitez | Velocidad<br>Infiltr.<br>mm/min. |
|------------|--------------|------------------|---------------------------|----------------------|------------------------------------|-------------------|-----------------|---------------------------|----------------------------------|
| HT-6       | 0-20         | 78,2             | 2,14                      | 0,90                 | 57,9                               | 4,6               | 53,3            | 27,5                      | 0,005                            |
|            | 35-45        | 81,8             | 2,49                      | 0,94                 | 62,2                               | 7,6               | 54,6            | 32,3                      |                                  |
|            | 55-64        | 71,5             | 2,51                      | 1,05                 | 58,2                               | 7,1               | 51,1            | 35,9                      |                                  |
|            | 80-90        | 47,1             | 2,56                      | 1,16                 | 54,7                               | 7,7               | 47,0            | 26,0                      |                                  |
|            | 110-120      | 47,1             | 2,53                      | 1,22                 | 51,8                               | 8,7               | 43,1            | 25,7                      |                                  |
| OT-5       | 0-15         | 54,0             | 2,62                      | 1,32                 | 53,1                               |                   |                 | 19,3                      | 0,11                             |
|            | 15-25        | 53,6             | 2,63                      | 1,25                 | 54,0                               |                   |                 | 20,0                      |                                  |
|            | 30-40        | 54,5             | 2,63                      | 1,49                 | 49,0                               |                   |                 | 20,1                      |                                  |
|            | 50-60        | 53,4             | 2,66                      | 1,54                 | 45,1                               |                   |                 | 19,5                      |                                  |
|            | 75-85        | 41,8             | 2,66                      | 1,55                 | 44,4                               |                   |                 | 17,6                      |                                  |
|            | 100-110      | 36,7             | 2,70                      |                      | 48,5                               |                   |                 | 15,8                      |                                  |

Tabla 5 : Algunas propiedades físicas e hidrofísicas de los suelos Oscuros Plásticos Neoautomórficos y Aluviales diferenciados y gleyzados

| No. perfil | Prof.,<br>cm | %<br>< 0,01<br>mm | P.e.<br>g/cm <sup>3</sup> | Peso<br>vol.<br>g/cm | Por.<br>Total<br>g/cm <sup>3</sup> | Por.<br>Air.<br>% | Cap. Campo<br>% | Coefficiente<br>Marchitez | Velocidad<br>Infiltr.<br>mm/min. |      |
|------------|--------------|-------------------|---------------------------|----------------------|------------------------------------|-------------------|-----------------|---------------------------|----------------------------------|------|
| OT-6       | 0-13         | 72,7              | 2,56                      | 1,02                 | 60,2                               | 6,8               | 53,3            | 33,1                      | 0,07                             |      |
|            | 20-40        | 76,9              | 2,55                      | 1,04                 | 59,2                               | 1,9               | 57,3            | 31,1                      |                                  |      |
|            | 50-70        | 75,6              | 2,64                      | 1,03                 | 61,0                               | 4,7               | 56,3            | 33,7                      |                                  |      |
|            | 100-130      | 66,1              | 2,61                      | 1,21                 | 53,9                               | 12,0              | 41,9            | 26,4                      |                                  |      |
|            | 150-180      | 67,9              | 2,64                      | -                    | -                                  | -                 | -               | 25,9                      |                                  |      |
| 774        | 0-10         | 59,6              | 2,51                      | 0,94                 | 68,6                               | 11,6              | 51,0            | 25,5                      | 0,05                             |      |
|            | 10-20        | 65,3              | 2,54                      | 1,07                 | 57,9                               | 4,1               | 53,7            | 26,0                      |                                  |      |
|            | 30-40        | 68,3              | 2,61                      | 1,13                 | 56,8                               | 4,2               | 52,6            | 27,4                      |                                  |      |
|            | 70-80        | 55,6              | 2,64                      | 1,16                 | 56,1                               | 2,4               | 53,7            | 27,6                      |                                  |      |
|            | 90-100       | 45,0              | 2,65                      | 1,20                 | 54,8                               | 2,8               | 52,0            | 25,7                      |                                  |      |
| 1056       | 0-25         | 75,9              | 2,55                      | 1,00                 | 60,8                               | 4,8               | 56,0            | 26,8                      | 0,05                             |      |
|            | 25-45        | 75,2              | 2,60                      | 1,05                 | 59,7                               | 2,8               | 57,1            | 28,7                      |                                  |      |
|            | 45-75        | 82,4              | 2,68                      | 1,10                 | 59,0                               | 1,0               | 58,0            | 26,6                      |                                  | 0,03 |
|            | 100-120      | 79,8              | 2,73                      | 1,15                 | 57,9                               | 1,7               | 56,2            | 29,2                      |                                  |      |
|            | 150-170      | 66,2              | 2,73                      | 1,15                 | 57,9                               | 1,4               | 56,5            | 29,4                      |                                  |      |

Tabla 6 : Algunas propiedades físicas e hidrofísicas de los suelos Oscuros Plásticos Cleyzosos

| No. perfil | Prof.,<br>cm | %<br>0,01<br>mm | P.e.<br>g/cm <sup>3</sup> | Peso<br>vol.<br>g/cm | Por.<br>Total<br>g/cm <sup>3</sup> | Por.<br>Air.<br>% | Cap. Campo<br>% | Coefficiente<br>Marchitez | Velocidad<br>Infiltrac.<br>mm/min |
|------------|--------------|-----------------|---------------------------|----------------------|------------------------------------|-------------------|-----------------|---------------------------|-----------------------------------|
| 854        | 0-15         | 61,6            | 2,76                      | 1,20                 | 56,6                               | 11,1              | 45,5            | 20,7                      | 0,01                              |
|            | 30-40        | 69,8            | 2,79                      | 1,22                 | 56,3                               | 5,4               | 47,9            | 22,1                      | -                                 |
|            | 60-70        | 65,3            | 2,70                      | 1,34                 | 50,3                               | 1,5               | 48,8            | 20,7                      | 0,01                              |
|            | 90-100       | 68,1            | 2,86                      | 1,30                 | 54,6                               | 0,7               | 48,9            | -                         | -                                 |
| 855        | 0-10         | 71,2            | 2,70                      | 1,20                 | 55,6                               | 6,1               | 49,5            | 23,0                      | 0,04                              |
|            | 20-30        | 72,6            | 2,78                      | 1,30                 | 53,2                               | 3,0               | 50,2            | 24,3                      | -                                 |
|            | 50-60        | 71,7            | 2,77                      | 1,30                 | 53,0                               | 4,4               | 48,6            | 25,8                      | 0,01                              |
|            | 80-90        | 72,0            | 2,79                      | 1,22                 | 56,3                               | 5,1               | 51,2            | -                         | -                                 |
| OT-7       | 0-20         | 78,0            | 2,52                      | 1,19                 | 52,8                               | 13,3              | -               | 34,6                      | -                                 |
|            | 30-40        | 76,2            | 2,54                      | 1,36                 | 53,2                               | 9,4               | -               | 34,7                      | -                                 |
|            | 70-80        | 68,7            | 2,63                      | 1,34                 | 48,3                               | 4,0               | -               | 30,8                      | -                                 |
|            | 120-130      | 65,4            | 2,68                      | 1,34                 | 50,0                               | 5,5               | -               | 30,2                      | -                                 |
|            | 150-180      | 52,2            | 2,69                      | 1,43                 | 46,8                               | 5,2               | -               | 30,0                      | -                                 |

Tabla 7 : Algunas propiedades físicas e hidrofísicas de los suelos Gley Oscuros Plásticos

| No. perfil | Prof.,<br>cm | %<br>< 0,01<br>mm | P.e. <sup>3</sup><br>g/cm <sup>3</sup> | Peso<br>vol.<br>g/cm | Por.<br>Total<br>g/cm <sup>3</sup> | Por.<br>Air.<br>% | Cap. Campo<br>% | Coeficiente<br>Marchitez | Velocidad<br>Infiltrac.<br>mm/min. |
|------------|--------------|-------------------|--|----------------------|------------------------------------|-------------------|-----------------|--------------------------|------------------------------------|
| 805        | 0-10         | 11,5              | 2,67                                   | 1,62                 | 39,4                               | 21,2              | 18,2            | 8,9                      | 1,5                                |
|            | 20-30        | 12,0              | 2,65                                   | 1,56                 | 41,2                               | 20,7              | 20,5            | 9,7                      |                                    |
|            | 50-60        | 15,3              | 2,68                                   | 1,58                 | 41,1                               | 16,3              | 24,8            | 14,1                     | 0,4                                |
|            | 120-150      | 53,8              | 2,70                                   | 1,39                 | 48,6                               | 12,9              | 35,7            | 18,9                     |                                    |
| 807        | 0-10         | 26,6              | 2,67                                   | 1,65                 | 38,3                               | 17,5              | 20,8            | 8,5                      | 0,7                                |
|            | 25-35        | 26,8              | 2,68                                   | 1,66                 | 38,1                               | 11,6              | 26,5            | 10,4                     |                                    |
|            | 55-65        | 38,8              | 2,67                                   | 1,56                 | 41,6                               | 7,5               | 34,1            | 15,1                     | 0,1                                |
|            | 100-140      | 52,7              | 2,82                                   | 1,36                 | 42,1                               | 6,5               | 35,6            |                          |                                    |

Tabla 8 : Algunas propiedades físicas e hidrofísicas de los suelos Gley Cuarcíticos Concrecionarios típicos

| No. perfil | Prof.,<br>cm | %<br><0,01<br>mm | P.e. <sup>3</sup><br>g/cm <sup>3</sup> | Peso<br>vol.<br>g/cm | Por.<br>Total<br>g/cm <sup>3</sup> | Por.<br>Air.<br>% | Cap. Campo.<br>% | Coefficiente<br>Marchitez | Velocidad<br>Infiltrac.<br>mm/min |
|------------|--------------|------------------|--|----------------------|------------------------------------|-------------------|------------------|---------------------------|-----------------------------------|
| IP-8       | 0-20         | 12,7             | 2,68                                   | 1,49                 | 44,4                               | 25,9              | 18,5             | 1,3                       | 2,0                               |
|            | 20-35        | 16,8             | 2,68                                   | 1,55                 | 42,2                               | 24,7              | 17,5             | 1,3                       |                                   |
|            | 40-50        | 30,1             | 2,70                                   | 1,85                 | 31,5                               | 6,8               | 24,7             | 8,4                       |                                   |
|            | 60-70        | 47,8             | 2,67                                   | 1,84                 | 31,5                               | 9,7               | 21,4             | 10,8                      |                                   |
|            | 120-130      | 44,2             | 2,69                                   | 1,89                 | 29,7                               | 6,8               | 22,9             | 11,4                      |                                   |

Tabla 9 : Algunas propiedades físicas e hidrofísicas de los suelos Gley Cuarcíticos Concrecionarios laterizados

| Suelo   | No. perfil | Prof. de la capa en cm | Norma de riego en m <sup>3</sup> /ha |
|---|------------|------------------------|--------------------------------------|
| Ferrálticos Cuarálticos. Amarillo y Amarillo Rojizo lixiviado, gleyzoso | 801        | 0-20                   | 140                                  |
|   |            | 0-50                   | 352                                  |
|   |            | 0-100                  | 720                                  |
|   | 803        | 0-20                   | 98                                   |
|   |            | 0-50                   | 293                                  |
|   |            | 0-100                  | 700                                  |
| Ferráltico Cuaráltico Amarillo Rojizo Laterizado                        | 814        | 0-20                   | 49                                   |
|   | 820        | 0-20                   | 80                                   |
| Arenoso Cuaráltico, gleyzoso  | IP-2       | 0-20                   | 34                                   |
|   |            | 0-50                   | 84                                   |
|   |            | 0-100                  | 284                                  |
|   | IP-7       | 0-20                   | 74                                   |
|   |            | 0-50                   | 159                                  |
|   |            | 0-100                  | 367                                  |
| Ferráltico Amarillento Lixiviado laterizado y gleyzoso                  | SP-2       | 0-20                   | 153                                  |
|   |            | 0-50                   | 415                                  |
|   | SP-3       | 0-20                   | 171                                  |
|   |            | 0-50                   | 513                                  |
| Oscuro Plástico Neautomórfico.  | HT-6       | 0-20                   | 267                                  |
|   |            | 0-50                   | 670                                  |
|   |            | 0-100                  | 1270                                 |
| Oscuro Plástico Gleyzoso.   | OT-6       | 0-20                   | 270                                  |
|   |            | 0-50                   | 700                                  |
|   |            | 0-100                  | 1370                                 |
|   | 774        | 0-20                   | 261                                  |
|   |            | 0-50                   | 664                                  |
|   |            | 0-100                  | 1330                                 |
|   | 1056       | 0-20                   | 280                                  |
|   |            | 0-50                   | 707                                  |
|   |            | 0-100                  | 1426                                 |
| Gley, Oscuro Plástico   | 854        | 0-20                   | 234                                  |
|   |            | 0-50                   | 584                                  |
|   |            | 0-100                  | 1193                                 |
|   | 855        | 0-20                   | 250                                  |
|   |            | 0-50                   | 625                                  |
|   |            | 0-100                  | 1250                                 |
| Gley Cuaráltico, Concrecionario, típico                                 | 805        | 0-20                   | 74                                   |
|   |            | 0-50                   | 195                                  |
|   |            | 0-100                  | 487                                  |
|   | 807        | 0-20                   | 90                                   |
|   |            | 0-50                   | 257                                  |
|   |            | 0-100                  | 601                                  |
| Gley Cuaráltico, Concrecionario, Laterizado                             | IP-8       | 0-20                   | 74                                   |
|   |            | 0-50                   | 198                                  |
|   |            | 0-100                  | 411                                  |

Tabla 10 : Norma de riego calculada par los suelos con drenaje deficiente sobre la base de sus propiedades hidrofísicas

| Variantes | Pol % Caña | Caña en t/ha | Pol t/ha |
|-----------|------------|--------------|----------|
| 1         | 15,58      | 61,46        | 9,55     |
| 2         | 14,48      | 35,42        | 5,13     |

1. Con humedad entre 80-100 % de la capacidad de campo.

2. Con humedad superior a la capacidad de campo.

Tabla 11 : Influencia del sobrehumecimiento sobre los rendimientos de la caña de azúcar en suelo Gley Oscuro Plástico (variedad My 54 - 129, caña planta de 12 meses)

| No. Perfil | SST %       | Rendimiento de la caña |      |      |
|------------|-------------|------------------------|------|------|
|            |             | 1980                   | 1981 | 1982 |
| 5          | 0,37 — 0,57 | 25,2                   | 29,9 |      |
| 6          | 0,12 — 0,20 |                        | 52,2 |      |
| 7          | 0,10 — 0,40 | 55,9                   | 19,6 |      |
| 9          | 0,20 — 0,36 |                        | 31,7 |      |
| 10         | 0,05 — 0,15 |                        | 46,6 |      |
| 11         | 0,16 — 0,43 |                        |      | 42,0 |
| 12         | 0,06 — 0,15 |                        |      | 42,0 |
| 13         | 0,06 — 0,12 |                        | 41,1 |      |
| 14         | 0,06 — 0,10 |                        | 40,8 | 38,2 |
| 15         | 0,64 — 0,81 |                        | 28,2 | 24,3 |

Tabla 12 : Contenido en sales solubles de los suelos y rendimientos agrícolas de los campos (en t/ha de caña de azúcar)