

RÉGIMEN HÍDRICO DE LOS SUELOS FERRALÍTICOS ROJOS Y VÉRTICOS DE CUBA

RÉGIME HYDRIQUE DES SOLS FERRALLITIQUES ROUGES ET VERTIQUES DE CUBA

H. BOUZA, R. DELGADO, L. RIVERO

RESUMEN

En el presente trabajo se exponen las características principales del régimen hídrico y las propiedades físicas de los suelos ferralíticos Rojos y Vérticos de Cuba.

El régimen hídrico de los Vertisuelos bajo el cultivo de la caña de azúcar se caracteriza por las condiciones de sobrehumedecimiento imperantes durante la mayor parte de la época lluviosa (mayo-octubre) con humedades similares o superiores a la capacidad de campo.

En este período el manto freático se mantiene a profundidades muy cercanas a la superficie e influye directamente en el régimen hídrico del perfil. Sin embargo, en la época menos lluviosa (noviembre-abril) el manto freático prácticamente no influye sobre el régimen hídrico y el suelo puede desecarse formando grietas hasta la profundidad demás de un metro, presentando humedades inferiores a 60% de la capacidad de campo. Por otra parte, los suelos ferralíticos rojos bajo cubierta de pastos y sembrados con caña de azúcar mantienen un régimen hídrico favorable (entre 80 y 100% de la capacidad de campo) durante el período lluvioso y en la mayor parte de la época menos lluviosa. Los valores inferiores al 80% de la CC, se presentan en cortos periodos del año en la capa de 0- 30 cm. El manto freático en estos suelos se encuentra a profundidades mayores de 10 metros por lo que prácticamente no influye sobre el régimen hídrico de las capas superiores. No obstante, debido

a la homogeneidad y al gran espesor que presenta el perfil, estos suelos funcionan como un gran reservorio de humedad acequible para las plantas, lo cual atenúa la dependencia que se establece entre el desarrollo de los cultivos y el carácter de las precipitaciones atmosféricas.

Un fenómeno muy singular en estos suelos está representado por el hecho de que aún en períodos prolongados de sequía, la humedad desciende muy lentamente a partir del 80% de la CC. Las investigaciones realizadas demuestran que este es el límite a partir del cual se rompen los enlaces capilares en los suelos Ferralíticos, por lo que a partir del mismo, las pérdidas de humedad se producen fundamentalmente por transpiración, ya que el movimiento capilar se ve interrumpido y la evaporación física solo ocurre a expensas de los vapores de agua que se difunden a través de los poros del suelo. Las experiencias modelo realizadas añadiendo diferentes cantidades de óxidos de hierro a los minerales caoliniticos, demuestran que los primeros tienen un efecto marcado sobre la retención de humedad en el intervalo de las bajas y medias tensiones y producen además un efecto estructurado que coadyuva a preservar la humedad del suelo.

Teniendo en cuenta lo antes expresado y el elevado contenido de óxidos de hierro que presentan los suelos Ferralíticos Rojos, se puede arribar a la conclusión de que el comportamiento del régimen hídrico de dichos suelos está condicionado en gran medida por la presencia de los óxidos de hierro.

RÉSUMÉ

Dans cette étude, on présente les principales caractéristiques du régime hydrique et les propriétés physiques des sols ferrallitiques rouges et des sols vertiques de Cuba.

Le régime hydrique des vertisols, sous culture de canne à sucre, se caractérise par une surhumidification régnant pendant la majeure partie de la saison pluvieuse (mai-octobre), avec des humidités analogues ou supérieures à la capacité au champ.

Durant cette période la nappe phréatique reste à des profondeurs très proches de la surface et a une influence directe sur le régime hydrique du profil. Cependant, au cours de la saison moins pluvieuse (novembre-avril), la nappe phréatique n'a pratiquement aucune influence sur le régime hydrique et le sol peut s'assécher, en formant des crevasses, jusqu'à plus d'un mètre de profondeur avec des humidités inférieures à 60 % de la capacité au champ.

D'autre part, les sols ferrallitiques rouges, sous pâturages et culture de canne à sucre, conservent un régime hydrique favorable (entre 80 et 100 % de la capacité au champ) durant la saison pluvieuse et pendant la majeure partie de la saison moins pluvieuse. Les valeurs inférieures à 80 % de la capacité au champ sont observées dans la couche 0-30 cm pendant de courtes périodes de l'année.

La nappe phréatique de ces sols se trouve à plus de 10 m de profondeur, c'est pourquoi elle n'a pratiquement aucune influence sur le régime hydrique des couches supérieures. Cependant, en raison de l'homogénéité et de l'épaisseur du profil, ces sols fonctionnent comme un grand réservoir d'eau d'irrigation pour les plantes, ce qui réduit la dépendance qui s'établit entre la croissance des cultures et le caractère des précipitations atmosphériques.

L'humidité diminue très lentement à partir de 80 % de la capacité au champ, même pendant des périodes prolongées de sécheresse, ce qui est un phénomène extraordinaire dans ces sols. Les recherches effectuées démontrent que c'est la limite à partir de laquelle les liaisons capillaires se rompent dans les sols ferrallitiques, c'est pourquoi à partir de cette limite, les pertes d'humidité se produisent essentiellement par transpiration, puisque le mouvement capillaire est interrompu et l'évaporation physique ne se produit qu'aux dépens des vapeurs d'eau qui se propagent à travers les pores du sol. Les expériences sur modèles, effectuées en ajoutant différentes quantités d'oxydes de fer aux minéraux kaoliniques, démontrent que les premiers ont un effet prononcé sur la rétention d'humidité entre les basses et moyennes tensions et qu'ils produisent en outre un effet de structuration qui aide à conserver d'humidité du sol.

Considérant ce qui a été dit précédemment et la forte teneur en oxydes de fer des sols ferrallitiques rouges, on peut en conclure que le comportement du régime hydrique de ces sols est, dans une large mesure, conditionné par la présence d'oxydes de fer.

INTRODUCCIÓN

En Cuba se han realizado algunos trabajos que revelan las principales características físicas de los suelos Ferralíticos Rojos y Vérticos (Agafonov et al., 1978; Camacho, 1980; Bosch, 1981; Veredchenko, 1967; y otros). Sin embargo hasta el presente se han realizado pocos estudios que revelen las principales características del régimen de humedad de los suelos agrícolas cubanos (Veredchenko, 1968; Bouza et al., 1980).

El conocimiento sistemático del régimen hídrico de los suelos, no sólo permite juzgar acerca del carácter de los procesos pedogenéticos que tienen lugar en éstos y coadyuvar a una separación más científicamente fundamentada en los distintos niveles de la clasificación de los suelos, sino también contribuye a lograr un uso más racional de las aguas de lluvia y de regadío durante la explotación agrícola.

En el país se construyen en la actualidad nuevos sistemas de regadío como una vía para incrementar de forma estable los rendimientos de la caña de azúcar. Sin embargo a menudo se observa una baja eficiencia en la aplicación del riego, lo cual provoca que en áreas beneficiadas con esta práctica no se obtenga la respuesta esperada en cuanto a los rendimientos del cultivo, lo que en cierta medida está determinado por la carencia de la información necesaria sobre las características del régimen hídrico de los suelos.

El presente estudio se realizó con la finalidad de determinar la dinámica de la humedad y las propiedades hidrofísicas de los suelos Ferralíticos Rojos y Vérticos, con vistas a lograr un uso más racional del agua en el cultivo de la caña de azúcar, así como profundizar en el conocimiento de las condiciones actuales en que transurren los procesos formadores en estos suelos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras de suelo para los análisis físicos fueron tomados en perfiles representativos de la zona de estudio en áreas de suelos Ferralíticos Rojos y Vérticos.

Los métodos analíticos empleados en las determinaciones fueron los siguientes: composición mecánica y microestructura por Kachinski; Estabilidad estructural según Yoder; la densidad aparente fue determinada con humedad cercana a la capacidad de campo, utilizando cilindros metálicos de 600 cm^3 . La porosidad total y de aireación, así como el factor de dispersión se determinaron por cálculos. Para el peso específico se empleó el método pignométrico mientras que la velocidad de infiltración se midió en el campo, utilizando para ello cilindros metálicos concéntricos.

El estudio del régimen hídrico se llevó a cabo mediante determinaciones cada 10 días de la humedad del suelo según el método gravimétrico a 105°C . Las plazoleas de muestreo tienen una dimensión de 1 hectárea y se tomaron 4 y 8 perfiles de humedad en cada fecha de muestreo para los suelos Ferralíticos y Vérticos respectivamente.

Los puntos de las curvas de tensión-humedad fueron determinadas en la prensa Richard (en el rango de 0-15 atm), y con soluciones químicas (para el intervalo de 15-2290 atm) que permiten crear diferentes condiciones de humedad relativa desde 98 hasta 20% en una atmósfera cerrada a temperatura constante de 20°C .

Para el estudio de la influencia de los óxidos de hierro sobre la dependencia T/W, se añadió dicho componente en una proporción del 15% a la caolinita pura.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los suelos Ferralíticos Rojos y Vérticos presentan características físicas muy diferente y contrastantes entre sí, existiendo en ambos un amplio predominio de las fracciones coloidales en su composición mecánica. No obstante, la naturaleza de los minerales secundarios es distinta en cada uno de estos suelos lo que les confiere grandes diferencias en la magnitud de la superficie específica de que ambos presentan, así como en otras propiedades hidrofísicas (Tabla 1).

Los suelos Ferralíticos Rojos se caracterizan por presentar una distribución homogénea de las fracciones finas a través del perfil, observándose solamente una pequeña disminución de éstos en

el primer horizonte (Tabla 1), lo cual se puede explicar por el comportamiento de la microestructura en la capa superior. En este espesor del perfil, a diferencia de los horizontes subyacentes donde la mayoría de las partículas están formando parte de microagregados mayores de 0,05 mm, una cantidad notable de las fracciones finas se encuentran en estado disperso y pueden moverse a través de los macroporos hacia las capas inferiores durante los períodos de fuertes lluvias que caracterizan a la zona en que se distribuyen estos suelos (Tabla 2).

Este fenómeno, al parecer contradictorio dado el mayor contenido de materia orgánica existente en la parte superior del suelo, lo explican algunos autores por el tipo y calidad de los constituyentes orgánicos.

Aranio, según Vershinin (1959) encontró que los ácidos orgánicos, principalmente los fúlvicos (predominantes en estos suelos), tienen un efecto coagulante sobre los óxidos de hierro solamente en algunas condiciones, pudiendo presentarse una acción contraria en determinadas concentraciones de estos ácidos.

Los suelos Ferralíticos Rojos son poco densos a pesar del predominio de minerales pesados en su composición, lo cual se debe a la alta estructuración, caracterizada por el predominio de unidades estructurales muy estables, con elevado contenido de agregados con alto valor agronómico.

En tal sentido Zonn (1971) encontró resultados similares a los expuestos en el presente trabajo. Estos suelos, en la mayoría de los casos se caracterizan por presentar una interrelación favorable entre las fases sólida, líquida y gaseosa. El espacio poroso total alcanza valores cercanos al 60%, de los cuales, ante humedades correspondientes a la capacidad de campo, entre el 10 y el 15,9% están ocupados por el aire, lo que posibilita un adecuado movimiento del agua a través del perfil, cuyos valores oscilan entre 70 y 90 mm/h e incluso mayores. Esto explica porqué estos suelos aún después de fuertes aguaceros, alcanzan en poco tiempo las condiciones de temperatura necesarias para efectuar las labores agrícolas.

Los Vertisuelos se caracterizan por su composición mecánica pesada en todos los horizontes genéticos.

No se observan variaciones bruscas de la textura a través del perfil. Se puede notar sólo algún aumento de la fracción arcilla ($< 0,001$ mm) y en las arcillas físicas ($< 0,01$ mm) en su parte media. Este fenómeno, muy característico para casi todos los suelos vérticos del mundo y de Cuba en particular, Zonn (1968) lo explica por la lixiviación, o por la síntesis de las arcillas in situ, en aquella parte del perfil que no se expone a prolongados y bruscos cambios de humedad, y que pierde menos SiO_2 por lavado, debido a la mala permeabilidad de estos suelos.

El carácter arcilloso es el índice menos variable de los suelos Oscuros Plásticos. Podimov (1970) afirma que existe un mínimo de contenido de arcilla, después del cual las propiedades vérticas son poco probables.

Las características físicas de los suelos Vérticos están condicionadas en gran medida por el alto contenido de arcillas y el tipo de mineral predominante (montmorillonita), que les confiere alta dilatabilidad y plasticidad en estado húmedo y gran dureza en estado seco.

Estos suelos presentan un alto coeficiente de dispersión, lo cual puede explicarse por la poca cantidad de materia orgánica y por el contenido de magnesio en el complejo adsorbente, el cual ante pequeñas cantidades de sodio provoca una notable dispersión de la micro y macroagregación.

En la época húmeda el suelo adquiere una estructura masiva y monolítica sin delimitación de las unidades estructurales. A partir de los bloques situados en la superficie del suelo se forman una capa de agregados de 3-5 cm de espesor (denominada capa "mulch") por efecto de la pérdida rápida del agua a través de los capilares hacia la zona de evaporación, produciéndose la ruptura irregular de los mismos.

Las unidades estructurales de estos suelos son altamente estables (Tabla 1), pero ello se debe principalmente a que son muy densos al secarse, caracterizándose por la presencia de agregados que se pueden catalogar de bajo valor agronómico (Vershinin, 1959).

La densidad aparente de los Vertisuelos estudiados determinada con humedades cercanas a la capacidad de campo oscila alrededor de $0,9-1 \text{ g/cm}^3$ en las capas superiores, pero ante humedades cercanas al punto de marchitez puede alcanzar valores de hasta $1,5-1,7 \text{ g/cm}^3$, lo cual se debe a la gran contracción que ellos experimentan al secarse.

La velocidad de infiltración en estos suelos es menor de 1 mm/h , lo cual está condicionado por la baja porosidad de aireación.

El régimen hídrico de los Vertisuelos bajo el cultivo de la caña de azúcar, se caracteriza por las condiciones de sobrehumedecimiento imperantes durante la mayor parte de la época lluviosa (Mayo-Octubre), con humedades cercanas o superiores a la capacidad de campo (Fig. 1). En este período el manto freático se mantiene a profundidades muy cercanas a la superficie e influye directamente en el régimen hídrico del perfil. En la época menos lluviosa (noviembre-abril) el manto freático prácticamente no influye sobre el régimen hídrico y el suelo puede desecarse formando grietas hasta la profundidad de más de un metro, presentando humedades inferiores al 60% de la capacidad de campo (c.c.).

No obstante hay que destacar que durante los años 1979 y 1980, debido a la distribución homogénea de las lluvias, la humedad se mantuvo en un nivel alto a través de casi todo el período. Sin embargo las observaciones realizadas muestran que en la época menos lluviosa las aguas del manto freático descienden a más de 1,50 metros y no son causantes directas del sobrehumedecimiento en las capas superiores. Todo parece indicar que este fenómeno está condicionado por la baja permeabilidad de los estratos intermedios del perfil, lo cual provoca que las aguas de lluvia queden atrapadas en las capas superiores del suelo.

Las condiciones de excesiva humedad que presentan los Vertisuelos, constituyen la mayor limitante que están presentes para la producción de caña de azúcar, produciéndose en ocasiones pérdidas en los rendimientos agrícolas superiores al 30%.

La aplicación consecuente de las prácticas de drenaje constituye una premisa indispensable para la obtención de cosechas altas y estables.

Las condiciones para la labranza en estos suelos particularmente difíciles, pues los niveles de humedad que propician un adecuado

tempero se presentan de manera ocasional. En experiencias realizadas por los autores en áreas cañeras, se ha podido constatar ineficacia de las labores de subsolado a profundidades mayores de 30 cm, ya que a partir de la misma el suelo presenta contenidos muy elevados de humedad que no permite alcanzar los resultados esperados con las labores profundas.

Cuando ocurren períodos de sequía prolongada, el desecamiento de los Vertisuelos conlleva a un incremento proporcional de la densidad aparente (Veredchenko, 1967; Agafonov y Roldós, 1968 b) condiciones que en ocasiones hacen imposible la labranza. Por eso el regadío en estos suelos es una práctica de gran importancia aunque debe aplicarse de manera cuidadosa combinada con labores de drenaje.

Los vertisuelos de Cuba se caracterizan por presentar en la superficie una capa de 3-5 cm de profundidad (capa "murch), de estructura terronosa-granular o terronosa-nuciforme no muy claramente definida, la cual contribuye a disminuir las pérdidas de agua por evaporación desde las capas inferiores. Sin embargo una vez que comienza la formación de las grietas, por efecto de la masa del suelo al desecarse se incrementa la intensidad de las pérdidas de humedad en las capas inferiores, a causa de la difusión de los vapores de agua hacia la atmósfera.

El régimen hídrico de los suelos Ferralíticos Rojos bajo el cultivo de la caña de azúcar en el período 1978-1980 estuvo caracterizado por el predominio de condiciones de humedad favorables para el crecimiento de la caña de azúcar. Los valores inferiores al 80% de la capacidad de campo se presentan en cortos períodos que se enmarcan fundamentalmente en la época menos lluviosa (noviembre-abril) e incluso en el mes de mayo cuando la primavera comienza tardía. Las humedades por debajo del 70% de la c.c. se presentan en períodos aún más cortos y están limitados principalmente a los primeros 20 ó 30 cm del perfil.

Las condiciones excepcionalmente favorables que presentan la macro y microestructura de estos suelos parecen ser la causa fundamental para explicar las condiciones favorables de su régimen de humedad durante casi todo el año.

El manto freático en estos suelos se encuentra a profundidades mayores de 10 metros, por lo que prácticamente no influye sobre el régimen hídrico de las capas superiores. No obstante, debido a la homogeneidad y al gran espesor que presenta el perfil, estos suelos funcionan como un gran reservorio de humedad acequible para las plantas, lo cual atenúa la dependencia que se establece entre el desarrollo de los cultivos y el carácter de las precipitaciones atmosféricas.

Un fenómeno muy singular en los suelos Ferralíticos Rojos está representado por el hecho de que aún en períodos prolongados de sequía, la humedad desciende muy lentamente a partir del 80% de la c. c.

Las investigaciones realizadas demuestran que este es el límite a partir del cual se rompen los enlaces capilares en éste tipo de suelo, por lo que a partir del mismo, las pérdidas de humedad se producen fundamentalmente por transpiración ya que el movimiento capilar se ve interrumpido y la evaporación física sólo ocurre a expensas de los vapores de agua que se difunden a través de los poros del suelo.

Particularmente interesantes resultan los datos de humedad en los meses de Marzo y Abril de 1980 (Fig. 1). Durante ese período la suma de las precipitaciones fue de sólo 20,7 mm (Tabla 1), sin embargo, los valores de la humedad del suelo inferiores al 70% de la capacidad de campo están limitados principalmente a la capa de 0 a 30 cm.

Al realizar el análisis estadístico de las precipitaciones en la forma recomendable por Bacso (1967) se obtuvo que existe un 44% de probabilidad para que ocurran precipitaciones superiores a 1 500 mm y 69% para que éstas sobrepasen los 1 400 mm, de lo cual se infiere que las variaciones pluviométricas ocurridas en el período de estudio presentan una considerable probabilidad de ocurrencia en el tiempo (Tabla 1).

Las experiencias de laboratorio realizadas añadiendo diferentes cantidades de óxidos de hierro a los minerales caoliníticos, demuestran que los primeros tienen la propiedad de incrementar el poder de retención de humedad principalmente en el intervalo de las bajas

y medias tensiones (0,01-15 atm) y producen además un efecto estructural que coadyuva a preservar la humedad del suelo (Fig. 3). El análisis comparativo de las curvas de tensión-humedad $T(W)$ revela claramente que con la adición del 15% de F_2O_3 a los minerales caoliniticos se produce un desplazamiento horizontal de la curva hacia la zona de mayores contenidos de humedad pero en lo fundamental su forma no cambia, lo que indica la semejanza de la dependencia existente entre la tensión y la humedad de las muestras de arcilla caolinita con y sin adición de óxidos de hierro.

Los suelos Ferralíticos con un mismo valor de tensión (T) retienen una menor cantidad de humedad (W) que los Oscuros Plásticos y se caracterizan al igual que los minerales caoliniticos por la flexión de las curvas de tensión humedad (Fig. 3).

En las curvas $T(W)$ de los suelos Ferralíticos, presentados en coordenadas semilogarímicase se pueden separar 3 zonas: la primera corresponde al rango de tensión de humedad desde 0,02 hasta 0,1 otros. Y se caracteriza por la rápida disminución de la humedad de los suelos, llegando en algunos casos a perder casi la mitad de la humedad que poseen, lo cual está condicionado por la elevada cantidad de microporos que presentan estos suelos. El posterior aumento de T desde 0,1 hasta 30 atm conlleva al cambio gradual de la humedad del suelo, producto de la eliminación de la mayor parte de la humedad capilar, la cual ocurre fundamentalmente en la primera zona.

El transito hacia la tercera zona ($T > 30$ atm) se caracteriza por la flexión de las curvas $T(W)$, lo cual constituye un fenómeno muy peculiar de este tipo de suelo, que tiene una gran influencia en el régimen hídrico que estos presentan en las condiciones de campo. Este mismo fenómeno se produce también en la caolinita pero a niveles más bajos de tensión.

Al parecer la flexión de las curvas $T(W)$ tanto en los suelos Ferralíticos como en la caolinita se deben al cambio del mecanismo de retención de la humedad. Si hasta las presiones de 10 atm la humedad es aún parcialmente retenida por las fuerzas de adsorción de naturaleza capilar, entonces con $T > 10$ atm, el papel principal en la retención de la humedad le corresponde a las fuerzas superficiales.

Debido a lo antes planteado los valores de la humedad de marchitez (determinada a 15 atm.) son similares a los de la higroscopicidad máxima, lo que constituye una característica muy específica de los suelos Ferralíticos. Sin embargo, en las investigaciones realizadas, se pudo comprobar que según la curva de tensión-humedad, el punto de marchitez de estos suelos está alrededor del 25%, mientras que en las determinaciones realizadas directamente con plantas de caña de azúcar, se encontró que dicho valor está cercano al 19% de humedad, magnitud está que difiere en casi 6% con los valores de la humedad de marchitez y la higroscopicidad máxima determinados según las curvas T (W).

Las peculiaridades de los mecanismos de retención de la humedad en el intervalo entre 10 y 30 atm. en los suelos Ferralíticos Rojos tienen un gran significado desde el punto de vista práctico. Los valores de humedad que caracterizan dicho intervalo se presentan sólo en períodos de prolongada sequía. En estas condiciones la humedad del suelo se pierde casi exclusivamente por transpiración quedando prácticamente excluidas las pérdidas por evaporación. Esto propicia la ocurrencia de un mecanismo de "auto-regulación" del régimen hídrico del suelo que permite a la caña de azúcar soportar sus graves consecuencias los períodos críticos de sequía. Esto explica porqué bajo las condiciones edafoclimáticas de nuestro país, resulta casi imposible encontrar plantaciones cañeras que alcancen la marchitez permanente aún en situaciones de extrema sequía, cuando están plantadas en suelos Ferralíticos Rojos.

Por otra parte, las curvas T(W) en los Vertisuelos, se caracterizan por el cambio gradual de la humedad del suelo a medida que se incrementan los valores de tensión con una ausencia total de los puntos de flexión. Este fenómeno quizás pueda explicarse por una mayor incidencia de las fuerzas capilares durante el proceso de pérdida de humedad, es decir, que los enlaces de naturaleza capilar se mantienen en el suelo hasta niveles más altos de tensión, lo que facilita el proceso de eliminación del agua durante el secado de las muestras.

Las consecuencias prácticas del fenómeno antes señalado, se manifiestan en un resecamiento más intenso del suelo en los períodos de sequía prolongada, lo que se traduce en la ocurrencia en el suelo de valores altos de tensión, que dificultan el abastecimiento de agua para las plantas.

REFERENCIAS

- AGAFONOV, O. A. y ROLDOS, J. E. (1968 b): Densidad del perfil genético de algunos suelos de Cuba. Acad. Cien. de Cuba. Ser. Caña de azúcar; 20:3-13.
- AGAFONOV, O. A.; DELGADO, R.M.; RIVERO, L.; y TATEVOSIAN, G. (1978): Propiedades físicas de los Vertisuelos de Cuba, relacionadas con las particularidades de su génesis. Ciencia de la Agricultura, 3:47-80. Acad. Cien. Cuba.
- BACSÓ, N. (1967): Introducción a la agrometeorología. Inst. del Libro, La Habana, 322 pp.
- BOSCH, D. (1981): Los suelos de la llanura cársica de Cuba. Tesis para optar por el grado de Doctor en Pedología. ORSTOM. París. Tesis presentada en la Universidad de Dijon.
- BOUZA, H.; VLADIMIROV, V. E.; MARTÍNEZ, I. (1980): Régimen de humedad de un suelo Ferralítico Rojo Típico bajo cultivo de la caña de azúcar durante el período mayo 1978-Abril 1979. En resúmenes de la II Jornada Científica del Inst. de Suelos, Acad. Cien. Cuba, La Habana, p. 57.
- CAMACHO E. (1980): Estudios de los suelos de la llanura cársica de la región Occidental de Cuba. Tesis para optar por el grado de Doctor en Pedología. ORSTOM. París. Tesis presentada en la Universidad de Dijon.
- NAKAIDZE, E. K. (1975): Particularidades pedológicas mejorativas de Cuba (en ruso). Mezniereba, Tbilisi, 264 pp.
- PODIMOV, B. P. (1970): Particularidades de formación y distribución de los suelos Slíticos de Moldavia (en Ruso). En problemas de investigaciones y uso de los suelos de Moldavia, Karta Mold. Kishiniev. Vol. b, pp 85-89.
- VEREDCHENKO, I. P. (1967): Las propiedades hidrofísicas de los suelos grises slíticos de Cuba (en ruso) Pochvovedenie, 2:116-122.
- (1968): Physical properties and water temperature regimen of Red Ferralitic-Calcium Clay Soils in Cuba. Soviet Soil Science, 2(12):1627-16-35.

- VERSHININ, P. V. (1959): La fase sólida del suelo como base de su régimen físico (en ruso). En fundamentos de Agrofísicas, Fis. Mat., Moscú, Pp.209-404.
- ZONN, S.V. (1968): Particularidades de la formación de suelos y principales tipos de suelos de Cuba (en ruso): En Génesis y geografía de los suelos de los países extranjeros estudiados por geógrafos soviéticos. Nauka, Moscú, pp. 35-152.
- (1970): Estudio de los suelos de los trópicos y subtrópicos (en ruso) Univ. Patricio Lumumba. Vol. 2, 343 pp.

FIGURAS

FIGURES

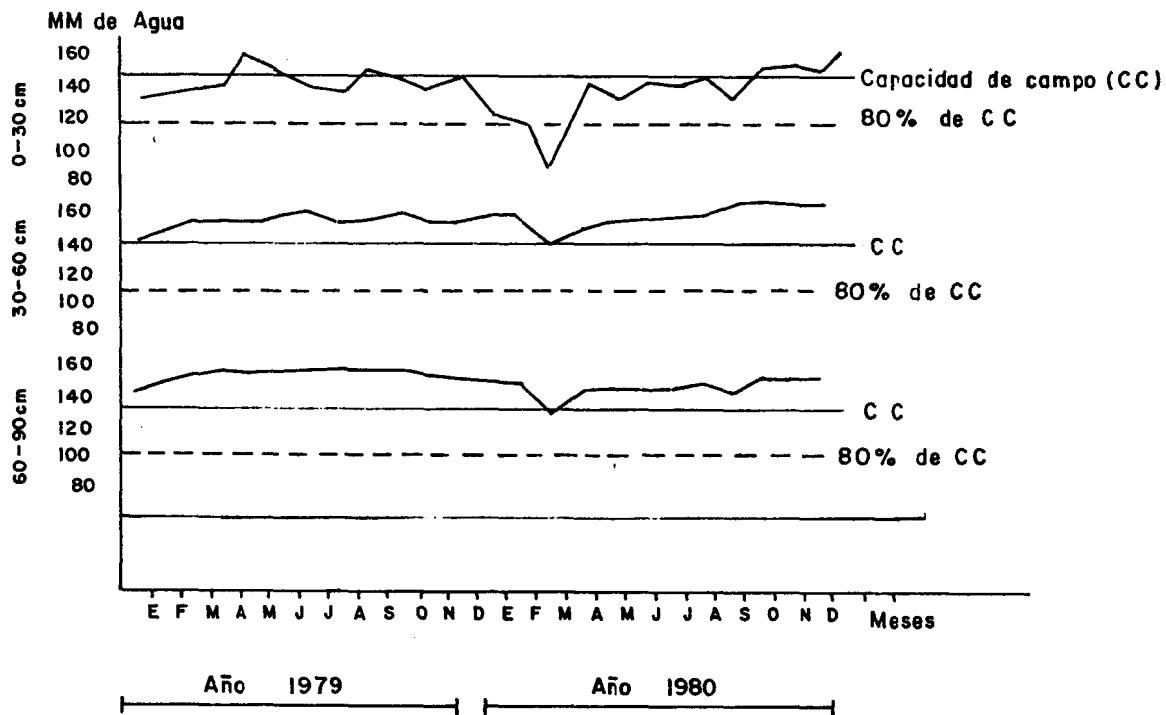


Fig. 1 : Régimen de humedad de un suelo Vertico bajo cultivo de caña de azúcar
 Fig. 1 : Humidité d'un sol vertique sous culture de canne à sucre

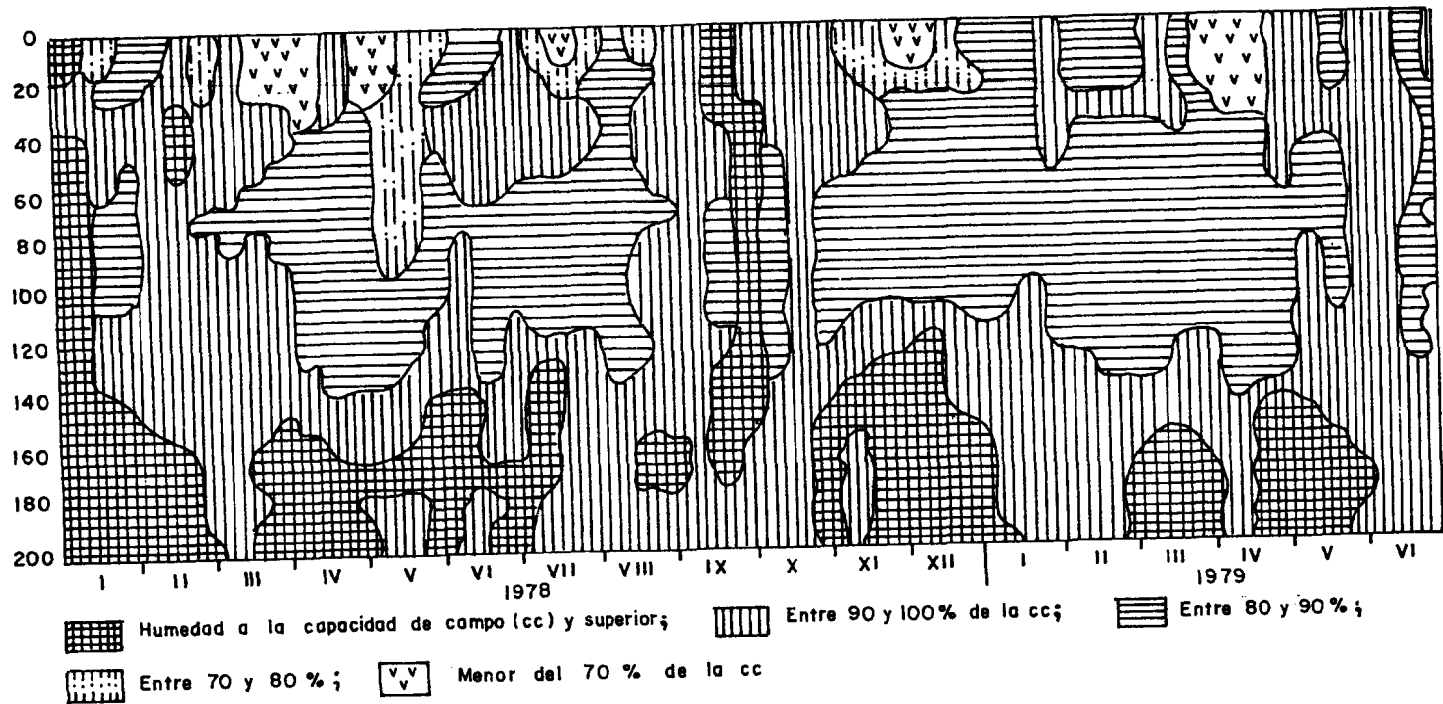


Fig. 2 : Dinámica de la humedad en un suelo ferralítico rojo típico bajo caña de azúcar (Estación Exp. de Jovellanos)

Fig. 2 : Dynamique de l'humidité dans un sol ferrallitique rouge typique sous culture de canne à sucre (Station expérimentale de Jovellanos)

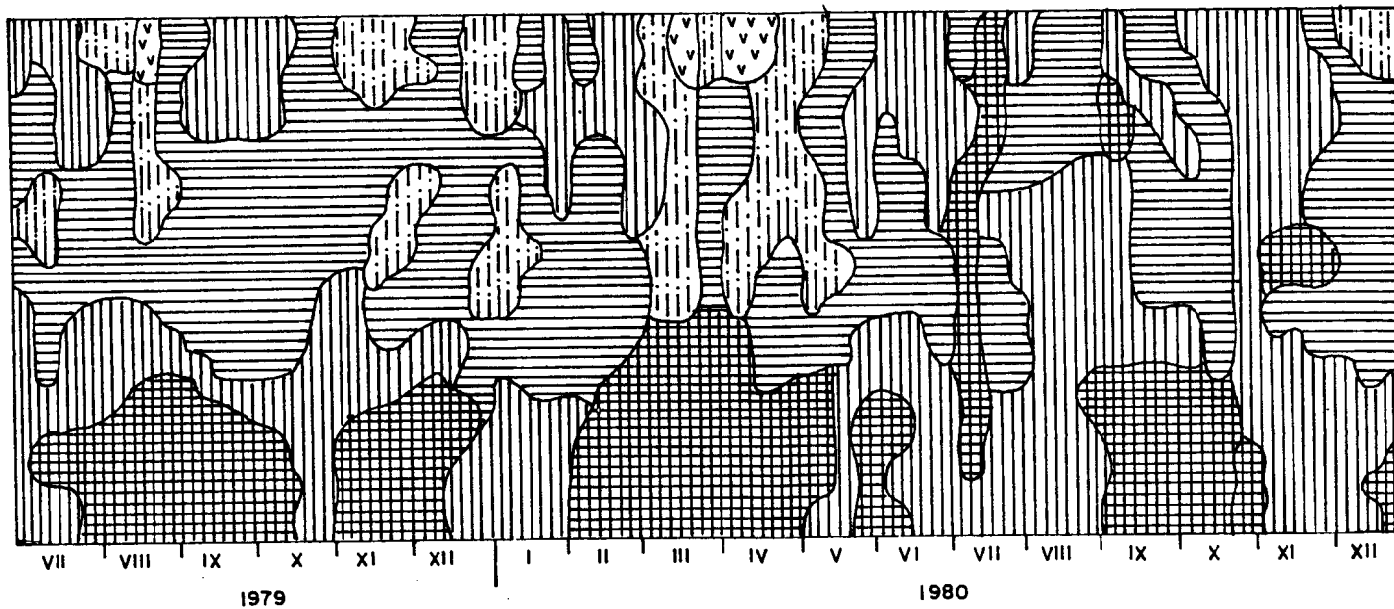


Fig. 2 : Continuación

Fig. 2 : Suite

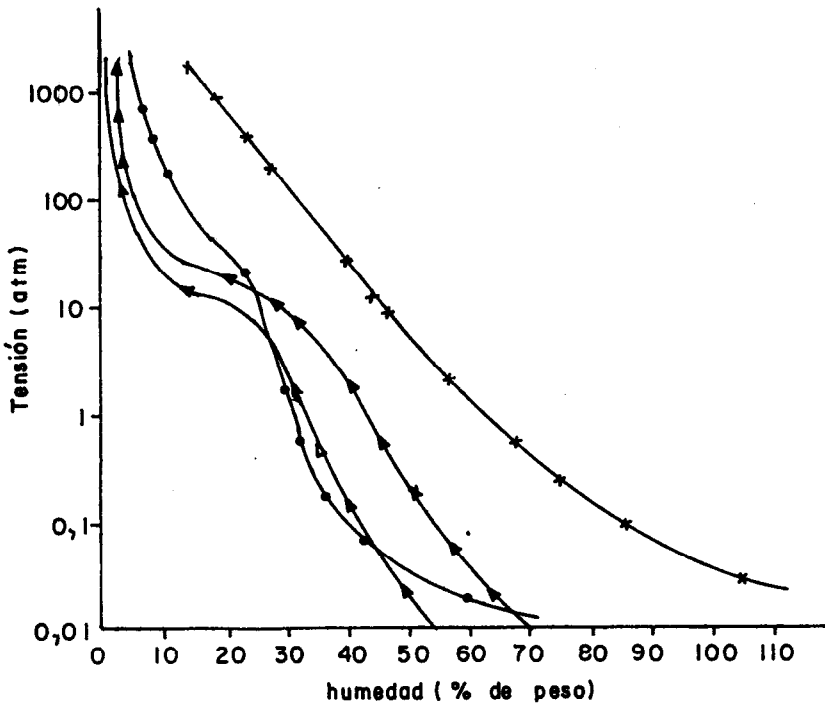


Fig. 3 : Relación entre la tensión de humedad y el contenido de agua en suelos y minerales - (•) suelo ferralítico, (Δ) arcilla caolinita, (▲) arcilla caolinita con 15 % de Fe₂O₃ y (x) suelo oscuro plástico

Fig. 3 : Relation entre la tension de l'eau et la teneur en eau des sols et des minéraux - (•) sol ferrallitique, (Δ) argile kaolinite, (▲) argile kaolinite avec 15 % de Fe₂O₃ et (x) sol foncé plastique

TABLAS

TABLEAUX

Tipo de Suelo	Prof. (cm)	Superficie m ² /g	Composición Mecánica < 0,001 mm (%)	Microestructura < 0,001mm (%)	Coef. Disp.	Estabilidad Estr.		Peso esp. g/cm ³	Densidad Aparente	Porosidad	
						1 mm	0,25mm			Total	Aereación
Oscuro Plástico	0-20	428	66,5	30,2	45,4	69,0	92,0	2,14	0,90	57,9	4,6
	35-45	435	69,0	35,9	59,0	66,0	91,0	2,49	0,94	62,2	7,6
	45-64	450	59,4	31,1	52,3	10,0	71,0	2,51	1,05	58,2	7,1
	80-90		38,4	12,5	36,9	15	93,0	2,56	1,16	54,7	7,7
	110-120		32,5	9,5	29,2			2,53	1,22	51,8	8,7
Ferralítico Rojo.	0-10	117	79,6	32,9	41,3	70,0	90,0	2,72	1,10	59,6	15,9
	40-50	72	88,7	11,8	13,3	30,0	65,0	2,83	1,25	55,8	12,2
	90-100	69	89,3	8,7	9,2	24,0	61,0	2,72	1,26	54,5	10,0
	140-150	66	87,5	10,6	11,3						

Tabla 1 : Propiedades físicas

Meses	Media mensual histórica 31 años	Año		
		1978	1979	1980
Enero	34,4	29,5	60,3	81,1
Febrero	37,2	90,0	49,4	91,6
Marzo	42,1	88,9	46,5	3,8
Abril	73,6	56,6	93,4	16,9
Mayo	201,9	160,7	414,0	225,8
Junio	282,5	292,6	192,5	302,1
Julio	200,3	211,2	216,0	188,2
Agosto	213,8	233,8	88,9	81,2
Septiembre	205,0	211,6	325,9	253,6
Octubre	159,1	181,0	38,0	325,7
Noviembre	58,6	44,9	25,6	225,1
Diciembre	28,7	49,0	27,0	5,6
S u m a	1537,2	1649,8	1577,5	1800,7

Tabla 2 : Precipitaciones en mm. Estación meteorológica de Jovellanos