

**PUNTOS DE VISTA**

**ARTÍCULO ORIGINAL**

# Resultados de algunas investigaciones en suelos Vérticos de Cuba

## *Some result from research in Cuban's Vertisols*

Dr.C. Greco Cid Lazo, Dr.C. Julián Herrera Puebla, Dr.C. Teresa López Seija, Dr.C. Felicita González Robaina

Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Boyeros, La Habana, Cuba.

**RESUMEN.** En Cuba la gran mayoría de las áreas afectadas por mal drenaje y salinidad coinciden con las zonas donde abundan los Vertisuelos los cuales ocupan en el país alrededor de un tercio de las tierras cultivables. Estos suelos tienen la singularidad de encogerse cuando están secos y dilatarse cuando están húmedos debido a la presencia de cantidades considerables de arcillas del grupo de las Smectitas, lo que conduce a que el manejo agrícola de los mismos, ya sea en condiciones de secano como de riego resulte muy particular y difícil de realizar. Por estas causas cuando se han querido ejecutar las mismas fórmulas de carácter fitotécnico que se realizan en otros suelos, han sido los vertisuelos los más perjudicados, trayendo como consecuencia una degradación acelerada y a veces irreversible de los mismos. Esta situación provocó que desde finales de la década de los años 80 un grupo de instituciones comenzaran a ejecutar en condiciones de campo y a diferentes escalas, investigaciones sobre el manejo de los Vertisuelos con el propósito de incrementar su productividad. En el presente trabajo se exponen algunos de los resultados de esas investigaciones y las propiedades hidropedológicas que lo caracterizan y los distinguen entre los suelos con mayores problemas de drenaje. Entre estas investigaciones se destacan las referidas al acondicionamiento de la superficie del suelo y el manejo hidropedológico que requieren los mismos para minimizar los procesos de dilatación-contratación.

**Palabras clave:** drenaje, manejo hidropedológico, acondicionamiento del suelo.

**ABSTRACT.** In Cuba, the major quantity of areas affected by waterlogging and salinity are occupied with vertisols, this soils cover around 30 % of the potential cultivated areas in the country. The particular feature of this soil to contract and swelling with the variations in soil water content, due to the particular type of clay they content (smectites), pose a great constraint for its agriculture use without irrigation as well as under irrigation. The managing of vertisols following methods and techniques used in non-dilatable soils may conduce to a rapid soil degradation and a failures in agriculture production. Taking into account the research work carry out for different Cuban's research institution in the 80's, this paper expose some of the most important results and emphasize in the vertisols water related properties' in order to obtain the best result when this typical soils properties' are taking into account in vertisol management.

**Keywords:**

## INTRODUCCIÓN

Alrededor del 32% de la superficie cultivada de Cuba está ocupada por vertisuelos y suelos con arcillas dilatables que se distribuyen a lo largo de todo el país<sup>1</sup>.

Estos suelos son usados intensivamente para la producción de caña de azúcar (en regadío y secano), arroz (de regadío) y otros cultivos en menor escala. La producción ganadera mediante la siembra de pastos mejorados con riego o pastizales naturales en secano conforma casi el 50% del uso de estos

suelos, (Cid *et al.*, 2009).

En Cuba la gran mayoría de las áreas afectadas por mal drenaje y salinidad coinciden con las zonas donde abundan los Vertisuelos.

Las áreas con suelos afectados por el mal drenaje en Cuba se estiman en 2,7 millones de ha a lo que hay que agregar más de 1 000 000 de ha afectadas por la salinización<sup>2</sup>. Aunque muchas de estas áreas están dedicadas al cultivo de la caña de azúcar y pastos o forrajes, el 13% de ellas se siembran de cultivos dedicados al consumo humano directo (arroz, frijoles,

<sup>1</sup> PANEQUE, J.: Étude des sols argileux foncés de Cuba. Distribution, caractérisation et genèse, 175pp., Tesis Master Science. Ing. USTL-ENSA Montpellier, 1984

<sup>2</sup> CITMA, (MINISTERIO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE) "Evaluación de la Degradación de las Tierras en Zonas Secas" Area Piloto: Cuba, 2007.

hortalizas, maíz, etc.) y las mismas dejan de producir (en un año de lluvias normales) alrededor de 633 209 t de alimento<sup>3</sup>.

Tomando en consideración que en la actualidad Cuba es un país que importa alrededor del 70% del suministro de nutrientes al consumo de la población, resulta indispensable recuperar y poner a producir las áreas afectadas por mal drenaje.

Por estas razones desde finales de la década de los años 80 un grupo de instituciones han venido realizando investigaciones sobre el manejo de los Vertisuelos con el propósito de incrementar las producciones agrícolas en los mismos.

En el presente trabajo se exponen algunos de los resultados de esas investigaciones y las características hidropedológicas de los mismos que los distinguen con los suelos con mayores problemas de drenaje.

### Algunas características de los Vertisuelos y su relación con el manejo agrícola

Hubble (1973), ha reseñado los factores limitantes de estos suelos del modo siguiente:

1. Muy reducida permeabilidad en estado de dilatación, en el cual tanto la infiltración como el drenaje interno es muy reducido.
2. Pobre aeración del suelo húmedo y desarrollo radicular retardado.
3. Estrecho rango de humedad para las operaciones de laboreo y siembra.
4. Dificultades en la germinación y la emergencia de las plántulas asociadas al rápido secado de la superficie y a la formación de costras en algunos tipos de suelos.
5. Una superficie desigual que requiere alisamiento (especialmente cuando tiene Gilgai) y mejora de la pendiente para el riego superficial.
6. Riesgo de salinización asociado tanto a la ascensión del nivel freático como al uso de agua de riego de calidad dudosa.

Como se aprecia, la mayor parte de los problemas que estos suelos presentan son debidos a la naturaleza de la relación AGUA-SUELO. Esto implica que el manejo tanto del agua dentro del suelo como del agua superficial sea de primera importancia en la explotación agrícola de los mismos.

Las propiedades de los vertisuelos pueden ser una ventaja o desventaja para poder desarrollar el gran potencial productivo que ellos representan para la agricultura. Características como su gran fertilidad química, alta capacidad de agua disponible, alto potencial de infiltración (a través de las grietas) cuando están secos, habilidad para rejuvenecer su estructura y las pendientes suaves en que ellos se encuentran, son algunas de las ventajas de estos suelos, mientras que derivado de la naturaleza de las relaciones agua-suelo, la estructura y la geomorfología pueden presentar otro gran número de características desfavorables para la producción agrícola<sup>4</sup>.

Los problemas enunciados anteriormente hacen que por lo regular el potencial total de producción de las áreas en las que predominan los suelos vérticos no se manifieste totalmente. Lo anterior implica que el conocimiento de los procesos físicos de estos suelos sea un requisito previo indispensable para tomar decisiones acertadas en las operaciones en el suelo y el cultivo.

### Características Hidropedológicas de los Vertisuelos

La naturaleza de la relación agua-suelo en los vertisuelos tiene un efecto notable en el manejo del agua en los mismos, particularmente cuando son irrigados. El efecto de las grietas en la infiltración y la aireación, los cambios en la densidad aparente con el contenido de agua y el efecto del potencial de sobre presión en la humedad característica del suelo deben valorarse de conjunto para una adecuada gestión del agua (Bridge y Ross, 1984). En la Tabla 1 aparecen algunas propiedades hidropedológicas de los Vertisuelos de Cuba de mayor uso agrícola.

**TABLA 1. Algunas propiedades hidropedológicas que caracterizan a los Vertisuelos en Cuba**

Prof cm	Da g cm <sup>-3</sup>	Cc cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup>	Are. %	Arci %	Lim. %	Inf. Bás. m día <sup>-1</sup>	Límite Prod. cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup>	Suelo Satur. cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup>	K sat cm hr <sup>-1</sup>
Vertisol pélico cálcico									
15	1,10	0,617	12,5	64,5	23,0	0,96	0,557	0,630	3,8
40	1,10	0,468	11,6	67,1	21,3		0,374	0,585	2,9
100	1,29	0,542	10,4	70,8	18,8		0,434	0,580	2,5
Vertisol crómico típico									
30	1,00	0,591	18,6	53,2	28,2	0,11	0,473	0,614	0,3
55	1,02	0,581	24,7	52,0	23,3		0,465	0,622	0,04
76	1,05	0,550	14,5	66,6	18,9		0,440	0,611	0,04
132	1,09	0,568	19,8	57,5	22,7		0,454	0,596	0,04

Leyenda:

Prof.	cm	Profundidad
Da.	g. cm <sup>-3</sup>	Densidad Aparente
Cc	cm <sup>3</sup> , cm <sup>-3</sup>	Capacidad de Campo
Are.	%	Arena
Arci.	%	Arcilla
Lim.	%	Limo
Inf. Bás.	m. día <sup>-1</sup>	Infiltración Básica.
Límite Prod.	cm <sup>3</sup> , cm <sup>-3</sup>	Límite Productivo
Suelo Satur.	cm <sup>3</sup> , cm <sup>-3</sup>	Suelo Saturado
K sat	cm.hr <sup>-1</sup>	Conductividad Hidráulica Saturada

<sup>3</sup> CID, G; HERRERA, J.; LÓPEZ, T.: Aspectos a considerar en las soluciones de riego en condiciones de un desarrollo sustentable. En: Memorias Congreso Internacional Cuba-Riego 2005 ISBN 959-7164-95-7, 2005.

<sup>4</sup> SMITH, G.D.; GARDNER, E.A.; SHAW, R.J.; COUGLAND, K.J.; YULE, D.F.: Some principles for managing vertisols in the Semi-Arid Tropics. En Irrigated Vertisols in Cuba, Consultant's Reports, FAO Project CUB/86/003, Cuba, 1991.

## Curvas de encogimiento

Una de las características distintivas de los suelos vérticos es el significativo cambio de volumen que ellos experimentan ante las variaciones de humedad, dando lugar al proceso conocido en ellos como contracción-dilatación. La dirección y magnitud de este proceso están determinadas por el contenido y tipo de arcilla, por la capacidad de intercambio y los cationes dominantes en el complejo de cambio y por el contenido de materia orgánica (Cid, 1993).

Diferentes autores han estudiado y cuantificado este proceso<sup>5,6</sup>, (Yule, 1984, Cabidoche y Ozier-La Fontaine, 1995; entre otros), y han determinado las denominadas curvas de encogimiento, que relacionan los cambios de humedad con los cambios de volumen en estos suelos. La utilidad práctica de esta curva en condiciones de campo estriba en la relación que existe entre el cambio de volumen del suelo y la humedad. Un sistema para determinar la variación de la humedad basado en el movimiento vertical del suelo fue descrito por Cabidoche *et al.* (1986). Este sistema ha sido comparado con varios métodos con resultados que demuestran que el mismo permite sortear los escollos que presenta el seguimiento del agua almacenada en los vertisuelos y por tanto constituye una herramienta para la determinación del momento de riego (Ozier-Lafontaine y Cabidoche, 1992).

La Figura 2, según Cid, (1993), muestra la variación de volumen de suelo en función de la humedad en un vertisuelo cálcico y en otro sódico del Valle del Cauto en Cuba.

## Capacidad de Almacenamiento de Agua y Agua Disponible

La caracterización de la Capacidad de Agua Disponible del Suelo (CADS) juega un papel fundamental en las relaciones agua-suelo-planta, debido a que la misma es una medida de la capacidad del suelo para almacenar agua que puede estar disponible para las plantas<sup>7</sup>. Este parámetro influye en el potencial de la tierra para obtener cultivos de secano.

En agricultura de regadío esta situación no necesariamente signifique un inconveniente, sin embargo no considerar las variaciones de la densidad aparente del suelo con el contenido de agua, si puede resultar un problema respecto a pérdidas de agua por sobrestimación de los requerimientos de riego o subestimación de las dosis de riego (agrietamientos), (Cid, 2003).

En Cuba tradicionalmente se ha considerado una densidad aparente fija al calcular las reservas de agua en los vertisuelos, por lo que las normas de riego hasta ahora aplicadas en los vertisuelos están sobrestimadas en más de un 50%; las consecuencias de esto son obvias si se tiene en cuenta la baja tasa de infiltración de estos suelos y lo que puede significar esto en la recarga del manto, generalmente salino, Cid *et al.*, 2004).

En la Tabla 2 se presentan las cantidades de agua recomendadas según diferentes métodos de cálculo (Nakaidze y Simeón, 1972) para una muestra grande de vertisoles de Cuba; los resultados obtenidos por Cid (1993), en vertisoles del Valle del Cauto). Estos últimos usando valores diferenciados de  $D_a$  para la humedad máxima ( $\theta_{max}$ ), determinada en el campo y mínima ( $\theta_{min}$ ) para el riego, determinada según la fórmula de Fox, (1964).

**TABLA 2. Reserva Total de Agua Disponible (RTAD) y Reserva de Agua Fácilmente Utilizable (RAFU) en vertisuelos calculada según diferentes criterios**

Método de calculo	RTAD (mm) (mm)(mm)	RAFU(mm)
Considerando $D_a$ fija, promedio para los vertisuelos cubanos (Nakaidze y Simeón, 1972)	111,46 (+/-11,09)	53,7 (+/- 7,1)
Utilizando $D_a$ variable según la fórmula de Fox para $\theta_{min}$ . Varios vertisuelos del Norte del Valle del Cauto. (Cid, <i>et. al.</i> , 2005)	53,2 (+/-12,39)	27,6 (+/-6,14)
Vertisuelos del Centro del Valle del Cauto (Cid, 1993)		
$D_a$ fija	56,8	28,4
Fórmula de Fox para $\theta_{min}$ .	104,1	52,1
$\theta$ correspondiente al límite de encogimiento	55,4	27,7

A este nivel de contenido de agua, el suelo se encuentra agrietado, lo que implica que para obtener un valor confiable de  $D_a$ , el tamaño de la muestra debe ser lo suficientemente grande como para ser representativa del suelo y las grietas (Greacen y Gardner, 1982), lo cual es imposible de conocer en un muestreo con barrena normal.

En la Tabla 3 se muestran los valores obtenidos al calcular el contenido de agua en el suelo para la humedad natural en el campo utilizando la estimación de  $D_a$  mediante la fórmula de Fox (1964) o  $D_a$  determinada directamente con anillos para un vertisuelo con pasto natural dos días después de una lluvia (punto 1) y en otro sembrado con plátanos sin riego (punto 2)..De acuerdo a la curva de contracción para este suelo, el contenido de agua en ambos puntos cae dentro del tramo correspondiente a la denominada contracción normal.

<sup>5</sup> CID, G.; CABIDOCHÉ, Y.M.; HERRERA, J.: Efecto de la contracción-dilatación sobre el funcionamiento hidrodinámico en vertisuelos halomórficos y no halomórficos del Valle del Cauto (Cuba). En: Memorias del Coloquio cubano-francés sobre mejoramiento y manejo de vertisuelos, Bayamo (Granma) Cuba, 15 al 20 de Abril, 1991.

<sup>6</sup> CID, G. Efecto de la contracción -dilatación sobre las transferencias de agua y aire en suelos con arcillas dilatables del Valle del Cauto. Tesis en opción al grado de Doctor en Ciencias Agrícolas. Instituto Superior de Ciencias Agrícolas, La Habana, 1993.

<sup>7</sup> COUGHLAN, K.J.; MCGARRY, D.; SMITH, G. D.: The physical and mechanical characterization of vertisol. Seminar on Management of Vertisol under Semi-arid conditions, 1-6 December, Nairobi, Kenya; ed. C.R. Elliot, IBSRAM, Proceedings No 6, pp.89-105, 1986.

Al utilizar los valores calculados a partir de la fórmula de Fox (1964) o la densidad aparente determinada en el campo, el volumen de agua del suelo difiere solo en 2,8 mm en el pto. 1; mientras que en el pto. 2, con contenidos de agua cercanos a los correspondientes a pF 4.2, comúnmente llamado Punto de Marchitez Permanente, las diferencias fueron de 4,6 mm.

**TABLA 3. Cálculo del Contenido de Agua en el Suelo con Datos de Campo y Estimados según la fórmula de Fox (1964)**

Z (m)	θg (g g <sup>-1</sup> )		Da (g cm <sup>-3</sup> )				Volumen de agua (mm)			
	pto 1	pto 2	pto 1		pto 2		pto 1		pto 2	
			campo	Fox	campo	Fox	campo	Fox	Campo	Fox
0-0,1	0,414	0,352	1,09	1,15	1,11	1,20	4,5	4,8	3,9	4,0
0,1-0,2	0,415	0,304	1,14	1,19	0,96	1,21	4,7	4,9	0,8	3,7
0,2-0,3	0,440	0,268	1,0	1,16	1,03	1,05	4,9	5,2	2,8	2,8
0,3-0,6	0,404	0,273	1,14	1,25	0,99	1,19	13,8	15,2	8,1	9,7

Estas diferencias entre ambos puntos están en correspondencia con el contenido de agua del suelo en el momento de la toma de las muestras. Así, mientras en el pto. 1 no había agrietamiento, en el pto. 2 (sembrado con plátanos), el mismo era notable. En esta condición, el empleo de anillos para el muestreo de densidad aparente puede conducir a serios errores al no tomar en cuenta las grietas en el volumen de muestra que los mismos encierran.

Según estos resultados se obtiene un valor más próximo a la realidad al calcular la densidad aparente en este rango de humedad usando el concepto de contracción normal y equidimensional, del cual derivó Fox (1964) su fórmula, que con la determinación en el campo con anillos, (Cid, *et al.* 2003)

**Infiltración**

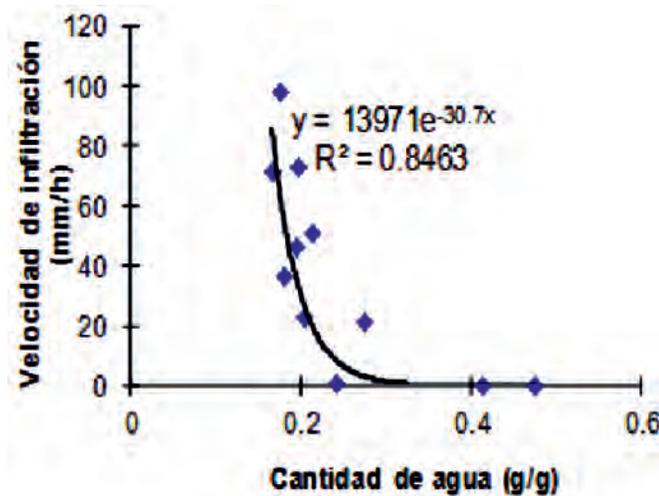


FIGURA 3. Relación entre la velocidad de infiltración en la primera hora y el contenido de humedad en el suelo.

**Drenaje**

La situación topográfica de los vertisuelos, su relieve relativamente llano, las características de retención de humedad

del suelo y el clima donde predomina al menos una estación de lluvias abundantes, hacen que el drenaje en los mismos tenga una posición primordial para su explotación intensiva. Sin embargo, la ubicación mayoritaria de estos suelos en países poco desarrollados, (excepción de Australia) de agricultura extensiva ha limitado el desarrollo del drenaje, hasta hace muy poco tiempo, a técnicas de convivencia con el problema.

Dada la amplitud de condiciones en que se desarrollan los vertisuelos no puede afirmarse que exista una solución única, y el sistema mejor adaptado es el que corresponde al modo dominante de circulación del agua, (Cid, 2005). Particularmente en Cuba, los mayores problemas de drenaje que presentan estos suelos se debe a la baja tasa de infiltración de los mismos asociado a las suaves pendientes en que se localizan, por lo que las técnicas más adecuadas en la solución de los problemas de drenaje que las lluvias o el exceso de riego causan están en la conformación del terreno para lograr una rápida evacuación de esta agua en función de la demanda del cultivo que en ellos se desarrolle.

Para la conformación de la superficie del terreno existen diferentes modos (Figura 4) que van desde el clásico bancal formado durante la labor de aradura por inversión del prisma siempre hacia el centro de la parcela, como también las tecnologías de cantero permanente desarrolladas en la India. Hay varios autores que han revisado las diferentes técnicas posibles a emplear y los métodos de cálculo para el mejor uso de las mismas en la solución de drenaje superficial<sup>8</sup>.

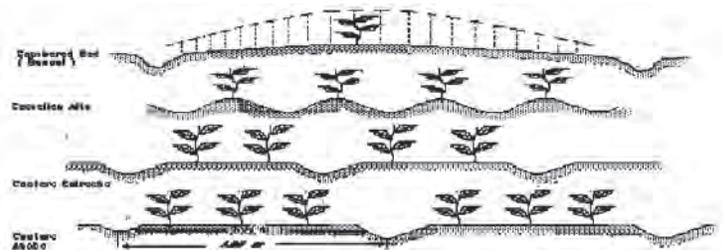


FIGURA 4. Diferentes tipos de Conformación de la Superficie del Suelo.

<sup>8</sup> HERRERA, J.; PUJOL, R.; REYES, J.; CID, G.; LÓPEZ, G.: Drenaje Superficial, 76pp., Ed. Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, Ministerio de la Agricultura; Septiembre (monografía), 2013.

En la Tabla 4 se presentan los resultados obtenidos<sup>9</sup> en varios cultivos al comparar el modelado de la superficie del suelo en bancales con otras técnicas de drenaje<sup>10</sup>.

**TABLA 4. Efecto de varios tipos de drenaje en el rendimiento de tres cultivos en vertisuelos irrigados o sin riego**

Tipo de Drenaje	Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )			
	Tomate	Boniato	Forraje con riego	Forraje sin riego
Bancal zona alta	21,5	19,2		
Bancal zona baja	15,7	17,3		
Bancal promedio	18,6	18,3	32,7	32,7
Dren soterrado sin filtro de gravas		18,8		
Dren soterrado con filtro de gravas		18,9		
Dren topo	12,1	7,13	19,9	22,9
Zanjas	14,1		19,1	17,1
Testigo	9,0	5,6	12,6	13,0

Según los resultados de la Tabla 4, el bancal fue superior a otras técnicas de drenaje en las condiciones de ese ensayo, sin embargo su construcción requiere de una cuidadosa preparación del suelo para lo que se necesita maquinaria apropiada y tiempo, además cuando se emplea el riego por superficie su uso puede resultar engorroso.

Otras conformaciones del microrrelieve superficial diseñadas para incrementar el drenaje superficial (Figura 4) incluyen los camellones altos con la siembra sobre el lomo, los canteros estrechos y los canteros anchos etc., todos factibles de realizar tanto mediante la tracción animal como mecanizada, y todos con la particularidad de que las zonas de siembra están separadas por surcos cuya función esencial es proporcionar drenaje a los primeros 15-20 cm de la parte superior del camellón del cantero y de conducir el agua en exceso hacia los drenes colectores de campo a una velocidad tal que no provoque la erosión.

Como se ha visto hasta aquí, el concepto de trabajo del suelo mediante la conformación de la superficie en canteros y surcos permanentes, combinado con el tráfico controlado y restringido a la zona del surco, es muestra de una de las tecnologías más factibles de emplear en los vertisuelos para lograr que los mismos sean productivos. Esta tecnología soluciona muchas de las restricciones de estos suelos, incluyendo el problema principal de los mismos que es el pobre drenaje y la dificultad para trabajarlos; sin embargo, la misma necesita ser ajustada a los sistemas locales de cultivo y a la maquinaria existente si se quiere que el sistema agrícola en que ella se emplee funcione de modo sostenible

### Drenaje subsuperficial mediante arado topo

El topo es reconocido como una técnica eficaz de drenaje para los suelos arcillosos que en combinación con una adecuada preparación del suelo y siempre y cuando se respeten las reglas

del arte de su construcción, permite evacuar los excedentes de lluvia o riego e impide la formación de un manto colgante.

Aunque en Cuba esta técnica no se utiliza a escala de parcelas de producción, los resultados obtenidos en varias experimentos (tabla 5) indican que con el uso del topo es posible incrementar los rendimientos con relación a los testigos sin drenaje parcelario hasta un 200 % en cultivos sensibles al exceso de humedad como el maíz y hasta un 27 % en el boniato donde el testigo estaba protegido por canteros de 0.2-0.3 m.

En la Figura 5 puede observarse como en el campo con topes, aun cuando por el riego se forma un manto colgado superficial (pozos a 0.5 m), al día siguiente el agua ya había descendido hasta 20 cm, para desaparecer de la capa del suelo donde se encuentran las raíces en un período no mayor de 3 días, mientras que en el área sin topes esto tomó alrededor de siete días<sup>11</sup>.

Este efecto beneficioso del topo está asociado a las vías para la circulación del agua que crean tanto la galería, como las grietas que se forman sobre ella por la acción del instrumento de corte en el momento de la construcción de la misma. Las grietas y la memorización de las mismas por el suelo se establecen como vías preferenciales de circulación del agua, lo que evita en muchos casos la formación de un manto colgado o evacua más rápidamente el que se forma luego de un riego o lluvia abundante.

**TABLA 5. Rendimientos de varios cultivos beneficiados con el drenaje topo**

Cultivo	Rendimientos (t ha <sup>-1</sup> )		% incremento	Autor/año
	Topo	Testigo		
Maíz	3,3	1,00	200	Reyes <i>et al.</i> (1991) <sup>11</sup>
Forraje	22,9	12,6	82	Dávila (1989) <sup>7</sup>
Tomate	12,1	9,0	34	Dávila (1989) <sup>7</sup>
Boniato	7,1	5,6	27	Dávila (1989) <sup>7</sup>

<sup>9</sup> DÁVILA, E.; CHOSSAT, J.C, Técnicas de drenaje y producción de cultivos hortícolas en vertisuelos. En: Memorias del Coloquio cubano-francés sobre mejoramiento y manejo de vertisuelos, Bayamo (Granma) Cuba, 15 al 20 de Abril, Eds: R. Bouziguez, J.C. Favrot, Y.M. Cabidoche y J. Herrera, pp.201-211, 1991.

<sup>10</sup> DÁVILA, E. Resultados parciales obtenidos en las variantes planteadas de drenaje superficial. Resultado 004-08-22. Informe de la etapa 09. IIRD-ACC, informe Interno, 15pp., 1989.

<sup>11</sup> REYES, J.; DAMOUR, L.; GRANADOS, J.L.; HERRERA, J.; PUJOL, R.: Preparación del suelo y técnicas asociadas de drenaje en vertisuelos. En: Memorias del Coloquio cubano-francés sobre mejoramiento y manejo de vertisuelos, Bayamo (Granma) Cuba, 15 al 20 de Abril, 1991.

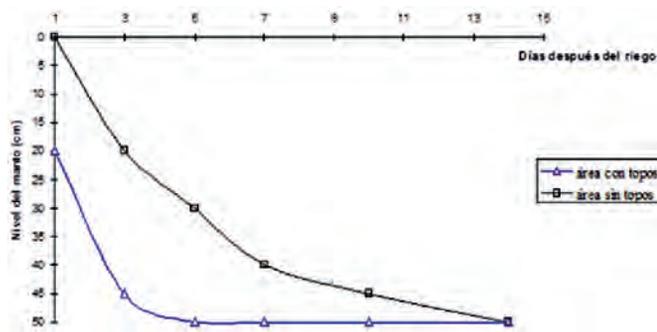


FIGURA 5. Disminución del nivel del manto colgado por el efecto del topo en vertisuelos irrigados<sup>11</sup>.

## CONCLUSIONES

- Muchos de los resultados alcanzados en las investigaciones realizadas en Cuba demuestran que la agricultura en los vertisuelos es posible, pero no sin riesgos.
- El proceso de contracción-dilatación marca un patrón común de comportamiento de la relación agua-suelo en todos los vertisuelos.
- Las características físicas de los vertisuelos en los que **dinámica hídrica y dinámica poral son indisolubles**, permiten la irrigación en los mismos pero teniendo siempre en cuenta

que los riegos deben ser de poco volumen y muy frecuentes. Para el cálculo de estas dotaciones de riego debe tenerse en cuenta la variación de la densidad aparente con el cambio en el contenido de agua.

- Los ejemplos de modo de drenaje en los vertisuelos discutidos, indican que en condiciones de clima tropical el drenaje superficial es fundamental. En este sentido, una medida de primer orden es la selección adecuada del momento y el instrumento adecuado para la preparación del suelo, así como el alisamiento de la tierra.
- La conformación de la superficie en canchales permanentes parece, hasta el momento, el modo más versátil de solución de drenaje, ya que la misma es una tecnología adaptable tanto a producción intensiva con disponibilidad de maquinaria y riego como a los pequeños productores de agricultura de supervivencia.
- El drenaje topo permite utilizar espaciamientos estrechos (2-3 m) y por ello resulta eficaz en aquellos suelos de muy baja permeabilidad donde el drenaje entubado se hace muy costoso.
- Los elementos enunciados a lo largo de este trabajo demuestran la necesidad de tomar en cuenta los problemas de mal drenaje y salinidad para conseguir la seguridad alimentaria y hacer menos dependiente al país de la exportación de alimentos básicos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRIDGE, B. J.; ROSS, P.J.: *Relations among physical properties of cracking clay soils. In Properties and Utilization of Cracking Clay Soils* (Eds J.W. McGarity, E.H. Hoult and H.B. So). Reviews in Rural science 5, pp 97-104, (University of New England: Armidale), 1984.
- CABIDOCHÉ, Y. M.; JAILLARD, B. E. T; NEY, B.: Dynamique de léau dans les vertisols. En Actes du séminaire Sol et Eau. Amérique centrale et Caraïbes. La Havane, avril 1985. Éd. Orstom: 449-478, 1986.
- CABIDOCHÉ, Y.M.; E T OZIER-LAFONTAINE, H.; THERESA, I: "Matric water content measurements through thickness variations in vertisols", *Agricultural Water Management*, ISSN: 0378-3774, E-ISSN: 1873-2283, 28: 133-147, 1995.
- CID, G.; HERRERA, J.; SIERRA, L.O.; LÓPEZ, T.: "Metodología para el manejo hidropedológico de los suelos con arcillas dilatables en Cuba. Parte I: Parámetros fundamentales para la caracterización física de los suelos", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054, 13(3): 7-12, 2003.
- CID, G.; HERRERA, J; SIERRA, L.; LÓPEZ, T.: "Gestión del agua en el manejo integral de los vertisuelos bajo diferentes agroecosistemas", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054, 13 (3): 1-5, 2004.
- CID, G; CABIDOCHÉ, Y. M; HERRERA, J; LÓPEZ, T.; GONZÁLEZ, F.: "Estimación de las variaciones de humedad en los vertisuelos a partir del desplazamiento de los sólidos". *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054, 13(3): 7-12, 2004.
- CID, G; HERRERA, J; LÓPEZ, T.; GONZÁLEZ, F.: "Elementos a considerar en la proyección de sistemas de riego en suelos con tendencia al sobrehumedecimiento y la salinización en Cuba", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054, 18(3): 54-58, 2009.
- FOX, W.E. "A study of bulk density and water in swelling soil", *Soil Sciece*, ISSN: 0038-075X, 98: 307-316, 1964.
- GREACEN, E. L.; GARDNER, E. A.: "Crop behavior on clay soils", *Tropical Agriculture*, ISSN: 0041-321659, 2: 123- 132, 1982.
- HUBBLE, G.D.: The swelling clay soils. In Physical aspects of swelling clay soils, Ed. B.J.F. James, Proc. Simp. Armidale. 1973.
- JAILLARD, B ET; CABIDOCHÉ, Y.M.: "Dynamique de l'eau dans un sol gonflante: dynamique hidrique", *Soil Sciece*, ISSN: 0038-075X, 3: 239-251, 1984.
- NAKAIDZE, E.K.; SIMEON, R.F.: "Características de las principales propiedades hidrofísicas de los principales suelos de Cuba", *Revista Voluntad Hidráulica*, ISSN: 0505-9461, 23: 33: 40, 1972.
- OZIER-LAFONTAINE, H. Disponibilité de l'eau dans un système sol argileaux gonflant-canne à sucre-atmosphère: application à la recherche d'indicateurs de l'état hydrique. Thèse INA-PG, 140 pp, 1992.
- YULE, D.F.: Volumetric calculations in cracking clay soils. In The Properties and Utilization of Cracking Clay Soils, (Eds J.W. McGarity, E.H. Houltand and H.B. So. Reviews in Rural Science 5, pp 1285-91 (University of New England, Armidale), 1984.

Recibido: 19/09/2015.

Aprobado: 04/03/2016.

Greco Cid Lazo, Investigador Titular, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, Correo electrónico: [dptoambiente1@iagric.cu](mailto:dptoambiente1@iagric.cu)

Julián Herrera Puebla, Correo electrónico: [direccioninvest1@iagric.cu](mailto:direccioninvest1@iagric.cu)

Teresa López Seija, Correo electrónico: [directoradajunta@iagric.cu](mailto:directoradajunta@iagric.cu)

Felicita González Robaina, Correo electrónico: [dptoambiente4@iagric.cu](mailto:dptoambiente4@iagric.cu)