

**ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS DEL DRENAJE DE UN SUELO ORGANICO DEL
PARAMO DE LAS PAPAS, CAUCA**

Harold Tafur H.*

Jairo Gómez Z.*

COMPENDIO

En la Hacienda Los Andes, ubicada en el Municipio de San Sebastián, Departamento del Cauca, Colombia (2.700 m.s.n.m.), se adelantó un estudio acerca de las características hidráulicas de sus suelos, determinados por un alto contenido de materia orgánica (suelos orgánicos). Se encontró que a pesar de la alta porosidad que puede presentar un suelo orgánico, su permeabilidad no necesariamente, responde directamente a esta característica, porque está dominada esencialmente por microporos. El mal drenaje de estos suelos (encharcamiento), está determinado por la alta capacidad de almacenamiento de agua de su vegetación natural, el musgo, el cual a su vez tiene baja transmisibilidad. Se describen los procesos mediante los cuales los agricultores adecuan los suelos para el uso agrícola.

ABSTRACT**STUDY OF CHARACTERISTICS OF DRAINAGE CONDITIONS IN AN ORGANIC SOIL AT
PARAMO DE LAS PAPAS**

A study about the hydraulic characteristics of the organic soil in a farm located at Paramo De Las Papas (2700 m.a.s.l.), Colombia, was carried out. It was found that permeability is not directly related with the high porosity of this type of soils. The present waterlogging is determined by the high water holding capacity of the surface vegetation, that is constituted by moss species, material that have a low transmisibility. In this paper, the process by which farmers reclaim the soils for cultivation, is described too.

1. INTRODUCCION

En lo que respecta al paso o flujo de los líquidos a través de medios porosos se viene estudiando desde hace muchos años y se han logrado adelantos significativos, hasta el punto de que la teorfa puede explicar casi que cualquier situación en este sentido. Sin embargo, existen problemas cuando se quiere aplicar esta teorfa en la determinación cuantitativa del flujo del agua en los suelos agrícolas para darle una aplicación práctica. Existen algunos inconvenientes en definir el comportamiento del flujo de agua en suelos arcillosos expansibles y en los

orgánicos en particular, dadas algunas condiciones de estos suelos, como es su porosidad variable.

Cuando de problemas de drenaje agrícola se trata, es necesario conocer la permeabilidad del suelo y otras propiedades que están ligadas al movimiento del agua en el suelo.

La determinación de la permeabilidad de los suelos se hace en el campo y/o en muestras que se llevan al laboratorio para posterior análisis. Existen determinaciones directas e indirectas de la permeabilidad. Las determinaciones directas

* Profesores Asociados. Universidad Nacional de Colombia. A.A. 237 Palmira

dependen del conocimiento de la carga hidráulica, de las condiciones de frontera y de la velocidad del flujo macroscópico. Las medidas indirectas se hacen con base en definir una o más propiedades del suelo que se relacionan con la permeabilidad, como la porosidad, tamaño de partículas, etc. (Luthin, 1967).

En el Municipio de San Sebastián, Departamento del Cauca, a 2700 m.s.n.m., se encuentra la hacienda Los Andes, con suelos orgánicos de vegetación natural frailejón, romerillo y musgo. Según observación de los autores, este último es el más dominante y se presenta en un espesor de 8 a 20 cm. El drenaje externo es encharcado. En estos suelos se lleva a cabo un proceso de adecuación para fines agrícolas y pecuarios. Esta labor consiste en lo siguiente:

a) Se construye drenes abiertos con profundidades de 1 a 1.2 m (hasta el horizonte mineral). Por observación empírica, los drenes se han orientado de tal manera que cortan el flujo subterráneo y aún superficial de agua. Los drenes son construidos manualmente y con relativa facilidad, pues el suelo es fácil de cortar. Los taludes son casi verticales pero estables. Inicialmente se intentó construir los drenes con máquina, pero no trabajan bien, por el exceso de humedad, el cual es un limitante para todas las labores mecanizadas.

b) Una vez los drenes están construidos se hace un pase de guadaña con el objeto de cortar la vegetación original (frailejón, musgo, etc.).

c) Un mes después del pase de guadaña se hace un primer pase con rotavator, seguido de otros dos, con intervalo de un mes cada uno. Estas labores destruyen el musgo, el cual es aparentemente, el que favorece el encharcamiento superficial, pues almacena mucha humedad y tiene poca transmisibilidad.

d) Ocasionalmente se prende fuego al material vegetal que va secando (pajonales). Se observa que después de la quema el rebrote de la vegetación es vigoroso. Esta labor de quema se efectúa al azar, en cualquier etapa de la adecuación, con la única condición de que esté seco el material.

e) Una vez el suelo está seco, se ejecutan labores con rastra-arado para pulir la adecuación.

f) Cuando se va a establecer algún cultivo, se aplica cal agrícola y se ha observado que esta labor contribuye a secar más rápidamente el suelo.

Es frecuente encontrar agua encharcada en las huellas de pisadas del ganado; debajo de estos charcos el suelo no está saturado, lo que sugiere como teoría, que el material de musgo es el responsable de ese fenómeno, así esté parcialmente descompuesto.

A las zonas muy húmedas se les llama chuquiales, chupaderos o ciénagas. En la zona llueve casi todo el año y es raro que pasen más de 10 días sin llover o lloviznar. El régimen de lluvias es de dos tipos: a) el clásico aguacero y b) el "páramo" que consiste en llovizna de gota muy fina.

Se ha observado que hay respuesta agronómica al abono orgánico en estos suelos.

Los suelos orgánicos se forman siempre que la producción de materia orgánica sobrepasa a su mineralización, por lo general en condiciones casi permanentes de saturación de agua que impide la circulación de oxígeno en el suelo. Los suelos orgánicos, incluidos en la clasificación taxonómica americana dentro de los Histosoles, se pueden desarrollar independientemente del clima, y el sustrato. Las depresiones que se encuentran por debajo del nivel freático proporcionan lugares favorables para la acumulación de materiales orgánicos. También se forman suelos orgánicos en lugares de considerable altura sobre el nivel del mar con relieve cóncavo, donde persisten condiciones frías y anaeróbicas, como también en lugares altos, convexos, con climas húmedos y fríos. Para Broadbent, la descomposición de la materia orgánica esta controlada por factores interrelacionados siendo los más importantes el contenido de humedad, la temperatura, la descomposición del depósito, la acidez, la actividad microbiana y el tiempo. Heuvelen, Jongerieus y Pons, sostienen que la pedogénesis

de los suelos orgánicos se inicia en cuanto se fomenta la actividad microbiana mediante la entrada de aire al depósito orgánico; es así como ellos denominan a los procesos de formación que participan en la maduración, proceso físico, químico y biológico. La maduración física incluye una disminución del volumen; la cantidad de esta depende de la naturaleza de los restos de plantas, contenido de materiales minerales y elevación del nivel freático. La maduración química incluye la descomposición completa de algunos componentes y la conversión parcial de otros en componente de complejidad intermedia que se pueden reunir para formar nuevas sustancias orgánicas de mayor resistencia, denominadas humus. A su vez la maduración biológica incluye una reducción del tamaño de partículas y la mezcla de materia orgánica por los organismos vivos (Buol, Hole y McCracken, 1981).

Los suelos orgánicos se caracterizan por tener alta capacidad de almacenamiento de agua. Se han registrado valores del 300% y más del 3200% de humedad, dependiendo del tipo de material orgánico y el grado de descomposición (Davis y Lucas, 1959).

La conductividad hidráulica de la capa arable de un suelo orgánico está sujeta a considerables variaciones debido a las labores culturales, paso de equipos, congelación-descongelación y al humedecimiento-secamiento. La disminución de la conductividad hidráulica que se presenta en el subsuelo de los suelos orgánicos cultivados es debida al fenómeno de subsidencia que se apropia con el drenaje. Debido a la baja estabilidad estructural de la parte subsuperficial de estos suelos, el primer centímetro a menudo tiene una conductividad hidráulica menor a 0.05 cm/hora (Hundal, y Taylor, 1979).

Malmstron, encontró que entre menos descompuesto se halle un suelo orgánico, tiene mejor permeabilidad. Los valores sobre conductividad hidráulica de los suelos orgánicos no están totalmente definidos; sin embargo, Hanrahan sostiene que ha encontrado valores de 0.1×10^{-6} y hasta 30×10^{-6} cm/seg para Peats fibrosos, mientras Colley reporta valores de 0.7×10^{-4}

hasta 2.59×10^{-4} cm/seg. pero se especifica el tipo de material. Para los dos casos anteriores se utilizaron muestras indisturbadas en el laboratorio. Aunque algunos autores han encontrado diferencias significativas en la conductividad hidráulica horizontal (mayor) comparada con la vertical (menor), ésta no existe (Boelter, 1965).

Los suelos orgánicos más descompuestos y densos no permiten un movimiento rápido de agua, mostrando conductividades hidráulicas más bajas que la arcillas, aunque la porosidad sea alta (mayor al 85%), lo que se explica por la retención del agua en los poros que son pequeños y no la liberan fácilmente aún a bajas succiones (Boelter, 1965).

Los suelos orgánicos antes de ser desecados (los de turba) generalmente tienen una permeabilidad muy baja, unos cuantos cm/día, pero después de la desecación se forman una serie de grietas que aumentan su permeabilidad (Hundal y Taylor, 1979).

El punto de marchitez permanente de los suelos orgánicos varía entre 24 y 80% dependiendo de la composición orgánica particular del suelo. Este valor es referenciado a 15 atmósferas de tensión de humedad. El coeficiente higroscópico está entre 8 y 15% a una humedad relativa del 98%. En estos suelos se han reportado valores de densidad aparente en Michigan entre 0.14 y 0.54 dependiendo del tipo de material orgánico, de la cantidad de materia mineral y del contenido de humedad en el momento del muestreo (Davis y Lucas, 1959).

Este trabajo buscaba hacer un estudio de las características del drenaje agrícola de un suelo orgánico ubicado en la zona del páramo de las Papas, Municipio de San Sebastián, Hacienda los Andes, en el Departamento del Cauca. A través del estudio se pretendía definir uno de los elementos que más determinan sus condiciones de drenaje como es la conductividad hidráulica.

2. MATERIALES Y METODOS

En el propósito de realizar el estudio, se

hicieron observaciones y determinaciones de campo al igual que se tomaron muestras de suelo, lo menos disturbadas posible, para determinaciones en laboratorio.

2.1. Observaciones y determinaciones de campo

1. Se observó el perfil del suelo entre los drenes. Este perfil se estudió en la mitad de la separación entre los drenes y fue similar para diferentes cateos:

Horizontes (cm)

0 - 20 Color en húmedo: café rojizo oscuro (5YR 3/2).

Textura: "Peat" con el material de origen bastante reconocible pues no está bien descompuesto.

Estructura: fibrosa

Consistencia: friable

20-100 Color en húmedo: café oscuro (7.5 YR 3/2).

Textura: "Peat" más descompuesto que el primero.

Estructura: fibrosa

Consistencia: friable

100-300 Color en húmedo: café amarillo claro (2.5Y 6/4)

Textura: Franco arcillo arenoso

Estructura: Bloques angulares

Consistencia: No pegajosos, no plástico.

2. Se hicieron cuatro pozos de observación hasta 1.8 m de profundidad ubicados en la separación entre los dos drenes (60 m) de la siguiente forma: Uno retirado a 3 m de un dren; el segundo a 2/5 de la distancia (24 m); el tercero a 36 metros y el último a 3 m del otro dren. El objetivo de estos pozos era el de describir el perfil de abatimiento del nivel freático.

3. Se realizaron determinaciones de la conductividad hidráulica por el método del pozo barrenado o Auger Hole.

4. Se realizaron ensayos de infiltración cualitativos aprovechando la parte superior de los drenes de la siguiente forma (a) sin quitar el "colchón" de musgo se observó que el agua que se le aplicó a la superficie se infiltraba rápidamente, pero sin pasar del colchón, a excepción del agua que alcanzaba a penetrar por las grietas; es decir, el musgo almacenaba el agua; b) si se retira el musgo y se repite la aplicación de agua, se observa que la infiltración es más lenta que en el primer caso, pero penetra en el suelo. En ninguno de los dos casos se observó movimiento horizontal del agua.

2.2. Observaciones y determinaciones de laboratorio

Con el objeto de realizar determinaciones de humedad a diferentes tensiones, de densidad aparente y conductividad hidráulica, se tomaron muestras no disturbadas, las cuales se trabajaron en el laboratorio.

2.2.1. Muestras para tensión de humedad

Se tomaron muestras de suelo no disturbado con el vehimeyer, para determinar la humedad a 1/10 y 1/3 de atmósfera, retirando previamente el musgo. El muestreo se hizo de la siguiente manera:

a) Muestra 1: de los 10 cm por debajo del nivel del terreno.

b) Muestra 2: a los 35 cm por debajo del nivel del terreno.

c) Muestra 3: a los 65 cm de profundidad por debajo del nivel del terreno.

d) Muestra 4: a los 105 cm de profundidad, sobre el horizonte mineral.

También se tomaron muestras grandes de la parte más superficial del suelo (Muestras 5 y 6), incluyendo el musgo (especies de "ponques" por su forma) para someterlas a las mismas tensiones (1/10 y 1/3 de atmósfera).

2.2.2. Muestras para conductividad hidráulica

Para determinar la conductividad hidráulica saturada por el método de carga constante en el laboratorio, se tomaron seis muestras no disturbadas, con cilindros de 8.15 cm de diámetro y 10 cm de altura, así:

Muestra 1: Tomada retirando el musgo, a partir de la superficie del suelo.

Muestra 2: Tomada después de los primeros 15 cm. de la superficie del suelo.

Muestra 3: Tomada después de los 40 cm de la superficie del suelo.

Muestra 4: Tomada sobre el lecho de un dren a 125 cm de la superficie del suelo.

Muestra 5: Sobre el lecho de un dren a 125 cm de la superficie del suelo (repetición de la anterior).

Muestra 6: Sobre el estrato café amarillo claro a 105 cm de la superficie del suelo.

2.2.3. Muestras para densidad aparente

Se utilizaron para determinar la densidad aparente (Da) las mismas muestras que se tomaron para la conductividad hidráulica en el laboratorio.

3. RESULTADOS Y DISCUSION

El haber llegado el mismo nivel de agua en los cuatro pozos de observación ubicados entre dos drenes, un día después de perforados, se explica por el aporte de agua desde la superficie a los pozos, sobre todo en los localizados junto a los drenes.

Los datos de campo tomados por el método del pozo barrenado se pueden manejar utilizando la expresión:

$$K = C \frac{\Delta h}{\Delta t}$$

donde:

K = Conductividad hidráulica

Δh = Altura de recuperación del nivel del agua en el pozo después de achicado y en el momento de la lectura.

Δt = Tiempo transcurrido desde que se achica hasta el momento de lectura, es decir, el tiempo de recuperación de h.

C = Factor de geometría del pozo que es función de h, H, r y S, así:

$$C = \frac{3600r^2}{(H + 10r) \left(2 - \frac{h}{H}\right) \frac{h}{H}} \text{ si } S = 0$$

$$C = \frac{4000}{\left(\frac{H + 20}{r}\right) \left(2 - \frac{h}{H}\right)} \times \frac{r}{h}, \text{ si } S > \frac{1}{2}H$$

donde:

H = Distancia de la posición normal del nivel freático hasta el fondo del pozo.

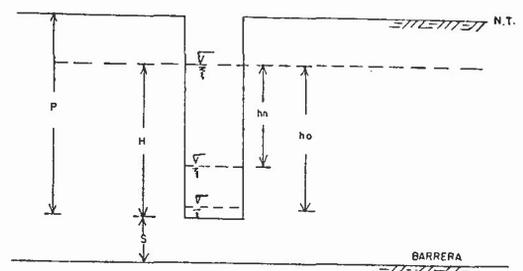
r = Distancia desde el fondo del pozo a la barrera o hidroapoyo

h = $(h_n + h_o)/2$

h_o = Distancia desde la posición normal del nivel freático hasta el nivel del agua después de achicado o abatido el pozo

h_n = Distancia desde la posición normal del nivel freático hasta el nivel al cual se permite recuperar el agua en el pozo de achicado.

$$\Delta h = h_o - h_n$$



Cuadro 1

Valores dimensionales e hidráulicos para la prueba del pozo barrenado y calculo de K

Prueba* (m/día)	P (cm)	h _o (cm)	h _n (cm)	t (seg)	Δh (cm)	H (cm)	K (cm)
1 0.43	90	38.5	28.5	254	10	33.5	80
2 0.40	90	34.5	26.5	225	8	30.5	80
3 0.24	90	45	38.5	240	6.5	41.75	80
4 0.30	80	97	73	540	24	85	80
5 0.27	90	74	58	370	16	66	110

* Para r = 5 cm

Cuadro 2

Variables y calculo de conductividad hidráulica para permeametro de carga constante

Muestra	h (cm)	t (seg)	V (cm ³)	k/25 C* (m/día)	K/120V (cm)
1	15.4	318	500	16.8	12.18
2	16.7	383	85	2.16	1.57
3			No drenó		
4	15.25	9000	100	0.12	0.09
5	14.11	9000	111	0.14	0.10
6			No drenó		

* Para un diámetro de 8.15 cm y altura de muestra de 10 cm

Cuadro 3

Valores de humedad gravimétrica a 1/10 y 1/3 de atmósfera de las diferentes muestras

Muestra	Tensiones de humedad	
	1/10	1/3
1	487.41 %	465.14 %
2	375.64 %	329.28 %
3	209.79 %	173.93 %
4	97.41 %	91.26 %
5	711.67 %	461.96 %
6	836.10 %	703.97 %

Si $S < 1/2H$ el valor de C se estima de los valores obtenidos de las dos expresiones anteriores. La conductividad hidráulica calculada de esta forma se obtiene en m/día, si los demás valores se manejan en cm y segundos (Pizarro, 1978).

La información obtenida en las pruebas se presenta en el Cuadro 1.

Las muestras de suelo que se tomaron para determinarle la conductividad hidráulica por el método de carga constante, arrojaron los valores que se muestran en el Cuadro 2.

Las muestras a las que se les determinó la tensión de humedad a 1/10 y 1/3 de atmósfera arrojaron los resultados que se muestran en el Cuadro 3.

La densidad aparente de cada una de las muestras tomadas se determinó por el método del núcleo y dió los siguientes valores:

- Muestra 1. Densidad aparente= $D_a = 0.19$ g/cm³
- Muestra 2. Densidad aparente= 0.11 g/cm³
- Muestra 3. Densidad aparente= 0.36 g/cm³
- Muestra 4. Densidad aparente= 0.85 g/cm³
- Muestra 5. Densidad aparente= 0.81 g/cm³
- Muestra 6. Densidad aparente= 0.60 g/cm³

De las tres pruebas de conductividad realizadas por el pozo barrenado, en el estrato orgánico, dos resultaron con valores más altos que los obtenidos en el estrato mineral. Sin embargo, los valores no difirieron de forma tan grande.

En los valores de la conductividad obtenidos por el método de carga constante, hay algunas observaciones a considerar. El hecho de haberse obtenido en una de las muestras un valor de 12.18 m/día lleva a pensar en que las condiciones de frontera o grietas facilitaron el drenaje del agua, pues es un valor que se sale de lo normal. En términos generales parece ser que la conductividad hidráulica del estrato orgánico es mayor a la del estrato mineral, sin que se pueda considerar a este último como una barrera o hidroapoyo.

Al analizar los valores de humedad obtenidos con las diferentes muestras a 1/10 y 1/3 de atmósfera, se puede apreciar cómo a medida que se profundiza en el perfil del suelo, la capacidad de almacenamiento disminuye (para una misma tensión). Sin embargo, estos mismos valores son bastante altos. Como algo de significancia está el contenido de humedad hallado en las muestras que incluían el musgo, que sobrepasan todos los demás valores.

Las densidades aparentes encontradas son todas menores a 1.0 g/cm³, aún en el suelo considerado mineral, lo que se explica por el alto contenido de materia orgánica y la posible presencia de alófana.

4. CONCLUSIONES

4.1. A pesar de la alta porosidad que puede presentar un suelo orgánico, su permeabilidad no responde directamente a esta característica, cosa que en este caso particular, se encontró a través de conductividades hidráulicas entre medias y bajas. Esta situación se debe básicamente a que la porosidad esta determinada por poros pequeños que no drenan con facilidad.

4.2. Es quizás más confiable la determinación de la conductividad hidráulica en el campo que la de laboratorio, siempre que se tengan los cuidados necesarios, dadas circunstancias o condiciones específicas de las muestras, las cuales pueden presentar problemas de frontera y/o grietas.

4.3. El encharcamiento de los suelos del problema en cuestión, está denominado básicamente por el musgo, el cual tiene altísima capacidad de almacenamiento y no muy buena transmisibilidad. Esta es una observación que han hecho empíricamente los que trabajan estos suelos y la que se ha podido ratificar a través del estudio realizado.

5. BIBLIOGRAFIA

1. BOELTER, D. H. Hydraulic conductivity of peats. Soil Sci. 100 (4); 1965; p. 227-231.

2. BOUL, S. W.; HOLE, F. D. y McCracken, R. J. Génesis y clasificación de suelos. México, Trillas, 1981. p. 343-353.
3. DAVIS, J. F. and LUCAS, R. E. Organic soils, their formation, distribution, utilization and management. Michigan State University. Special Bulletin 425; 1959. 155 p.
4. HUNDAL, S. S. and TAYLOR, G. S. Drainage investigations of the cultivates willard marsh soils. Ohio Agricultural Research and Development Center; Research Circular 24; 1979, 13 p.
5. LUTHIN, J. N. Drenaje de tierras agrícolas; teoría y aplicaciones. México, Limusa Wiley, 1967. 684 p.
6. PADILLA, A J. Estudio y operación del sistema de drenaje en suelos orgánicos de la Ciénaga de Zacapu, Mich; Ingeniería Hidráulica en México. Vol. 20. No. 4; 1966; p. 33-48.
7. PIZARRO, F. Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos. Madrid, Agrícola Española; 1978. 521 p.