

PRACTICA E INTERPRETACION DE LA DETERMINACION DE MOVILIDAD DE AGUA EN TUBOS LLENADOS CON SUELO *

GUSTAVO J. FISCHER **
y E. VICTORICA HERMIDA ***

RESUMEN

En una comunicación al IV Congreso Sudamericano de Química los autores describieron los aparatos construidos en La Estanzuela para mecanizar la determinación de movilidad de agua y la forma de registrar el avance capilar en gráficos aritméticos-logarítmicos.

Durante los seis años transcurridos se perfeccionó el instrumental, analizándose numerosos perfiles de suelos procedentes de campos experimentales distribuidos en la República.

Se ha confirmado la opinión de Burdenski de que el método es de verdadera utilidad para caracterizar nuestros suelos y subsuelos agrícolas. Por lo tanto hemos ampliado nuestra instalación y adiestrado personal idóneo, que realiza la determinación, desde la preparación de la muestra hasta el trazado y copia heliográfica de la curva, con plena independencia. Se estima el trabajo requerido por muestra ya triturada, en $1/20$ de jornal de obrero, aproximadamente.

La buena concordancia observada entre repeticiones hace que se prescinda por lo general de análisis de verificación. No obstante se olvida con harta frecuencia la influencia de la humedad y la recomendación de uniformar la higroscopicidad después de tamizadas las muestras.

* Comunicación a las Sesiones Uruguayas de Química.

** Subdirector.

*** Químico del Instituto Fitotécnico y Semillero Nacional "La Estanzuela".

Los tubos debieran instalarse en ambiente de temperatura constante incluyendo en cada serie suelos típicos como testigos. En caso de efectuar la determinación en termostato sería oportuno buscar una solución para horizontalizar los tubos. Según W. L. Stevens ello permitiría simplificar la ley del avance capilar a una proporción con la raíz cuadrada del tiempo.

Se presentan algunas curvas características de movilidad en tubos verticales, y se ilustra la transformación de la curva logarítmico-aritmética, que preferimos por ahora, a escala aritmética, de raíz cuadrada y recíproca.



Burdenski (1941), en su trabajo sobre métodos para la valoración de suelos en el Uruguay, realizó un estudio de la movilidad de agua, medida por el avance capilar de la humedad, que oscurece la columna de suelo en tubos verticales, llenados con el material tamizado, según Vageler y Alten.

Más adelante, en La Estanzuela (Fischer y Hermida, 1949) se llegó a mecanizar el procedimiento de preparación de la muestra de suelo, llenado de los tubos y registro del avance capilar, en baterías de 48 tubos.

La escala aritmética de tiempos, empleada por Burdenski, se sustituyó por una progresión logarítmica de 14 intervalos, y renunciando a la extrapolación hiperbólica, que consideramos equivocada, nos limitamos a la apreciación del aspecto de las curvas empíricas, presentadas en escala logarítmico-aritmética de tiempo en horas y ascensión en milímetros.

Desde entonces se han analizado en nuestros laboratorios cerca de 2200 muestras correspondientes a perfiles de suelo, procedentes de campos experimentales distribuidos en la República. Una tercera parte de este material fué extraído de las 56 perforaciones, que por consejo del malogrado profesor Carlos Walther, y con la colaboración del Instituto de Geología, se realizaron en los ensayos permanentes de abonos y de rotaciones de La Estanzuela. Las muestras se tomaron en secciones de 30 cms. y llegan a la roca descompuesta a profundidad variable de 0,9 hasta 7,8 metros.

Se exhiben a continuación cuatro series de curvas (fig. 1-4), que pertenecen a los perfiles N^o 2, 16, 19 y 22, cuya ubicación en el terreno

ocupado por el ensayo permanente de abonos de referencia, se indica en un trabajo anterior sobre índices de fertilidad en tierras de La Estanzuela (Hermida, 1951).

En los perfiles 2 y 19 se observa una característica bastante frecuente en nuestros suelos, un horizonte de escasa movilidad de agua, más o menos pronunciado a partir de la capa arable, que concuerda con una mayor concentración salina, atribuida al lavado por las aguas pluviales, y ascenso y evaporación de la humedad en períodos de sequía. En los perfiles N^o 16 y 22 la movilidad, ya en la primera sección, de 0 a 30 cms., es muy reducida; en el perfil 16 la situación mejora con la profundidad, mientras que en el N^o 22 es reducidísima hasta el final, a tres metros de profundidad, lo que significa que estas tierras son imposibles de trabajar en época lluviosa, presentando condiciones difíciles para el desarrollo vegetal.

Nuevamente, al estudiar los perfiles llevados al laboratorio por agricultores expertos, interesados en conocer mejor sus tierras, tuvimos oportunidad de confirmar la coincidencia entre el juicio inequívoco del hombre de campo, que se basa en la labranza y en la cosecha, y el cuadro de las curvas de movilidad de agua en suelo y subsuelo (Burdenski, 1941; Fischer y Hermida, 1949).

En el tiempo transcurrido desde la primera comunicación se ha tratado de perfeccionar el instrumental, construido en los talleres del Instituto, a saber mandíbula y llenadora automática para los tubos, cuyo número se ha ampliado, alcanzando seis docenas las columnas de tubos para el registro simultáneo. El progreso más señalado se obtuvo, no obstante, en el adiestramiento del personal idóneo. Todo el trabajo, desde la preparación de la muestra, registro del avance capilar, medición y trazado y copia heliográfica de las curvas lo realizan obreros, invirtiendo, por muestra, un vigésimo de jornal, aproximadamente.

Equipos similares a los nuestros fueron construidos también en La Estanzuela para los ingenieros agrónomos J. Spangenberg y R. Ribeiro, quienes los utilizan en la investigación de los terrenos destinados al cultivo de remolacha azucarera y en los arrozales de las empresas R.A.U.S.A. y C.I.P.A., respectivamente.

En tubos de dos centímetros de diámetro, cargados hasta una altura de 80 centímetros, se requiere unos 250 centímetros cúbicos de suelo tamizado; por esta razón y por la buena concordancia entre repeticiones, prescindimos por lo general de esta precaución. Sería, sin embargo indicado, incluir en cada serie de 12 tubos, un testigo, para

→ Tiempo en horas.

↑ Ascensión del agua en dm.

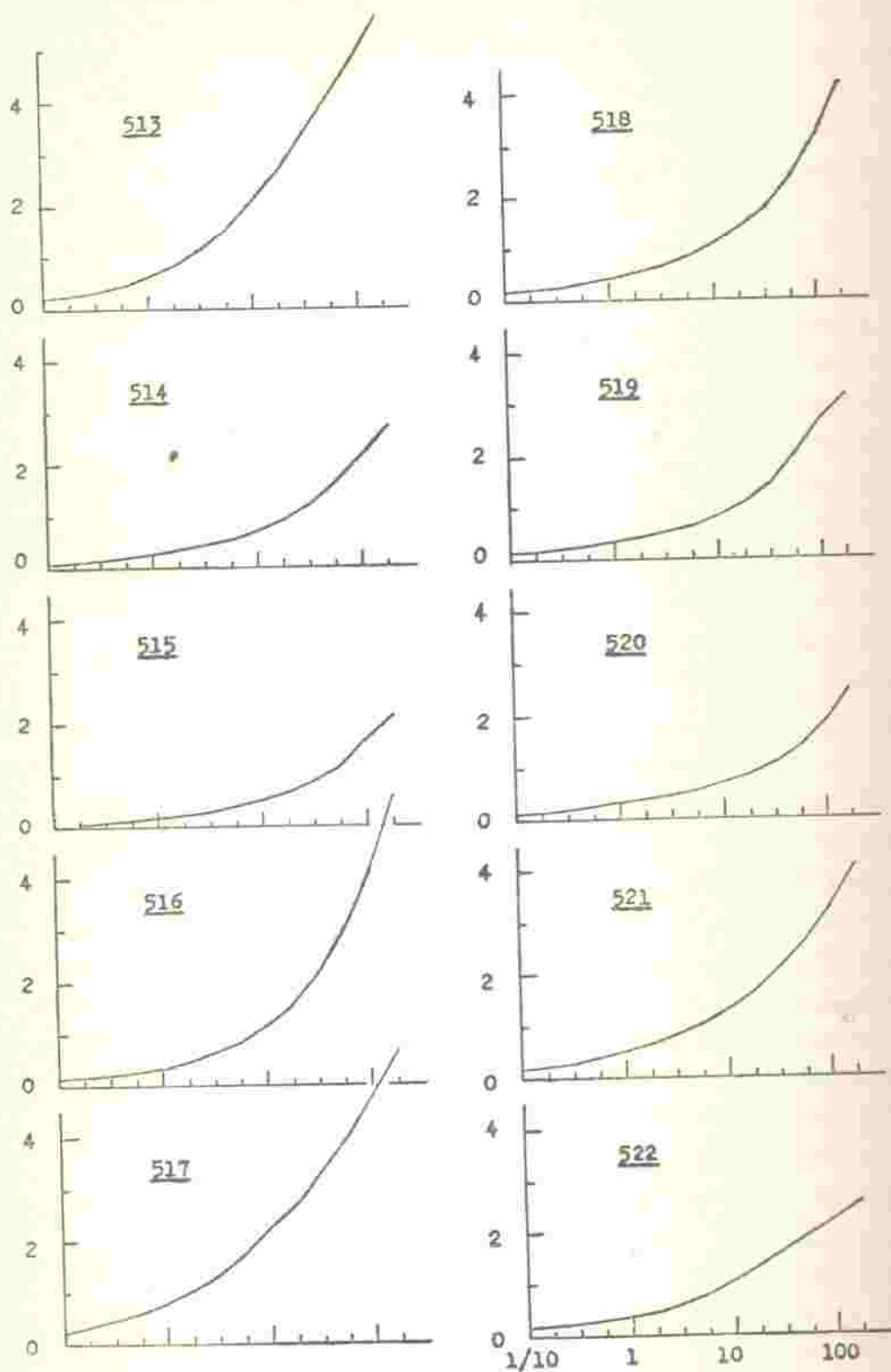


Fig. 1.—Perfil N° 2. Muestras 513 a 522
tomadas en secciones de 30 en 30 cm de profundidad.

→ Tiempo en horas.

↑ Ascensión del agua en dm.

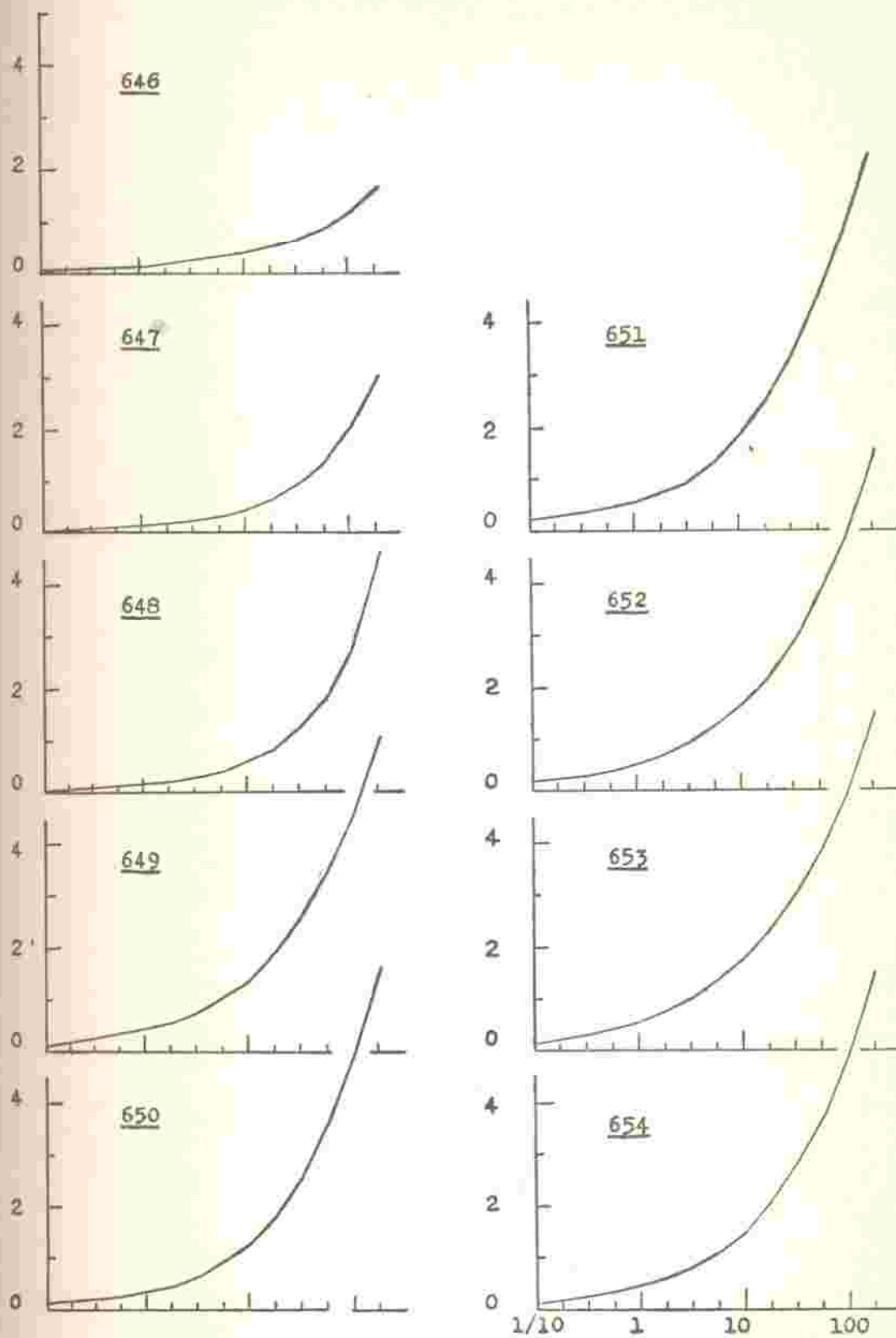


Fig. 2.—Perfil N° 16. Muestras 646 a 654 tomadas en secciones de 30 en 30 cm de profundidad.

→ Tiempo en horas.

↑ Ascensión del agua en dm.

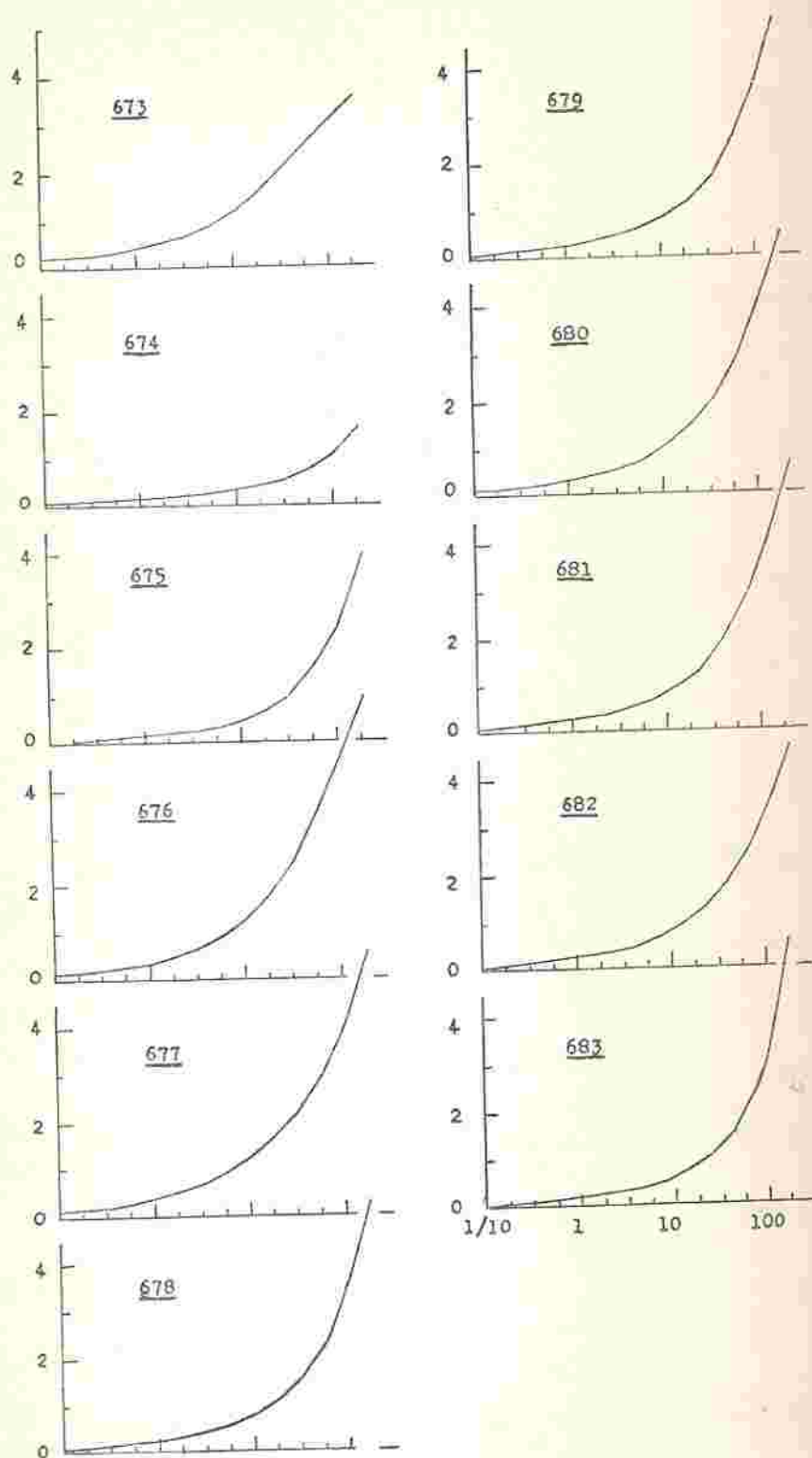


Fig. 3.—Perfil N° 19. Muestras 673 a 683 tomadas en secciones de 30 en 30 cm de profundidad.

→ Tiempo en horas.

↑ Ascensión del agua en dm.

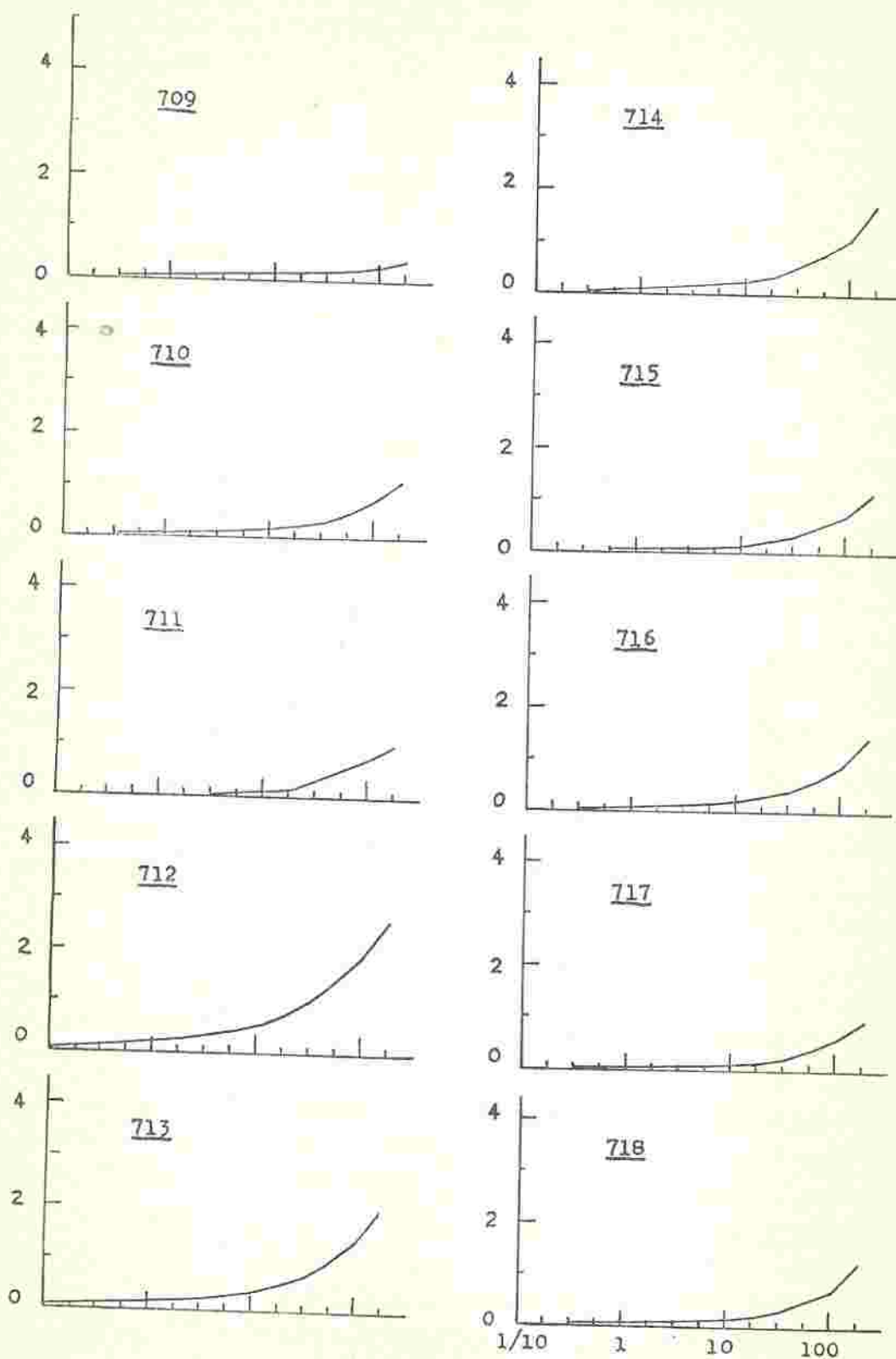


Fig. 4.—Perfil N° 22. Muestras 709 a 718 tomadas en secciones de 30 en 30 cm de profundidad.

verificar así con una muestra típica, que el ensayo se ha realizado en condiciones normales.

Otra precaución, que se olvida con frecuencia, es la referente a uniformizar la humedad higroscópica de las tierras tamizadas, previo al llenado de los tubos (Burdenski, 1941).

Un factor totalmente ignorado ha sido la temperatura. Hemos realizado por ese motivo experimentos preliminares, encontrando en todos los casos un incremento en el avance capilar al aumentar la temperatura. En un termostato cilíndrico, improvisado con tubos de celuloide del diámetro del plato que lleva doce tubos, se logró estabilizar la temperatura alrededor de 35° C., mientras que la temperatura ambiente, para la serie paralela variaba entre 12 y 18° C. Las mayores diferencias a favor de la velocidad de avance en la serie a 35° C se observan en las capas inferiores del perfil investigado, cuyo registro se resume a continuación:

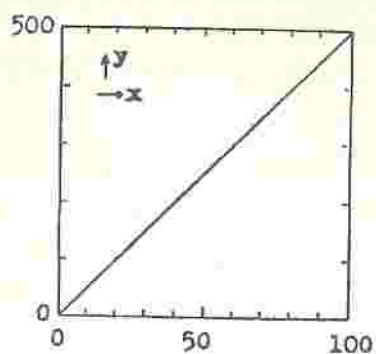
Profundidad en cm.	0-15			30-60			90-120		
	1	10	100	1	10	100	1	10	100
Tiempo en horas	71	195	423	42	115	321	45	120	406
Altura en mm. a 12-18° C .	76	234	463	44	159	406	47	180	591
Altura en mm. a 35° C ..									

Las diferencias, poco perceptibles en la primera hora, se acentúan a las diez horas, y más todavía a las cien horas; si bien no llegan a falsear fundamentalmente el juicio de los suelos, son de bastante entidad para exigir que con un termógrafo, o por lo menos con el registro diario de máxima y mínima se deje constancia de las condiciones térmicas en que fué ejecutado el ensayo.

Para seguir estudiando el fenómeno tendremos que instalar una serie de termostatos, que para mayor comodidad, preferiríamos horizontales e individuales, calentando el baño lleno de agua destilada la cual cubriría el largo del tubo ocupado por la tierra.

Una vez resuelta la dificultad de la llegada uniforme de humedad a toda la abertura de los tubos, lo que quizá se consiga haciéndolos rotar constantemente, tendríamos que considerar el efecto de la supresión de la influencia de la gravedad sobre el avance capilar.

Tuvimos a principio del año 1953 el privilegio de una prolongada visita de W. L. Stevens, cuyos profundos conocimientos biométricos y físicos lo capacitaron para intervenir con crítica constructiva en todos los aspectos de la experimentación que se lleva a cabo en La Estanzuela. En una de las reuniones técnicas del Instituto Fitotécnico, expuso

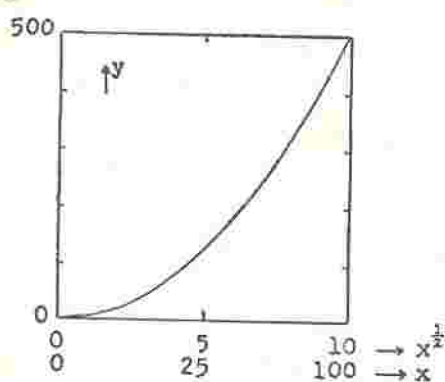


Aritmética-
aritmética

$$y = a + bx$$

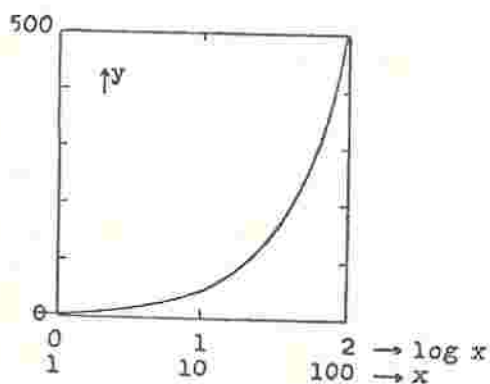
$$a = 0$$

$$b = 5 \text{ mm/h}$$



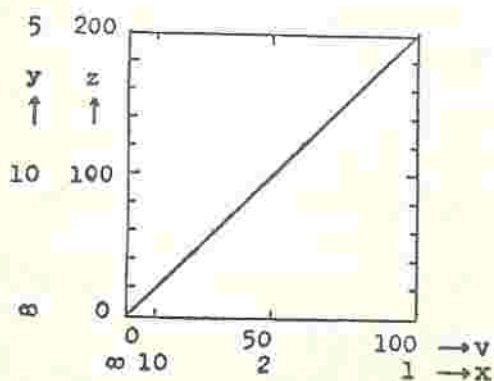
Raíz cuadrada-
aritmética

$$y = a + bx^{\frac{1}{2}}$$



Logarítmica-
aritmética

$$y = a + b \log x$$



Recíproca-
recíproca

$$y = 1000/z ; x = 100/v$$

$$z = a + bv$$

$$z = 1000/y$$

$$v = 100/x$$

Fig. 5.— Representación gráfica de un movimiento de 5 mm/h en escala aritmética, de raíz cuadrada, logarítmica y recíproca.

Stevens las razones que lo guiaban para suponer que en columnas de suelo horizontales, la humedad avanzaría con incrementos uniformes cuando los tiempos se escalonan como los cuadrados de una escala aritmética. En una primera prueba, esta teoría fué confirmada con buena aproximación, e indicaría un camino para expresar la movilidad de agua en un suelo determinado mediante un solo parámetro. En las pruebas siguientes empezaron a surgir las dificultades de manipulación que han impedido reunir un caudal de datos suficientes para someterlo nuevamente a la consideración del Dr. Stevens.

Mientras tanto continuamos registrando la curva de movilidad en escala logarítmica de tiempo y aritmética del avance vertical de la humedad, para la cual ya contamos con un archivo de algunos millares y la facilidad de transformarlas en curvas de velocidad mediante el procedimiento de contacto con una plantilla logarítmica deslizante, que mencionamos en nuestra comunicación anterior (Fischer y Hermida, 1949).

Ilustramos en la figura 5, además de la curva logarítmico-aritmética, que preferimos por ahora, otras tres sencillas transformaciones para el caso de una función lineal, que partiendo del cero, señala 500 mm. en 100 horas.

Gráfica, o mejor, aritméticamente mediante las fórmulas respectivas, se puede aplicar fácilmente cada juego de escalas a los casos prácticos de las figuras 1 a 4 y obtener así una familiaridad con su aspecto, y juzgar su mérito relativo, según se trate de observar el comienzo en proximidades del cero, en los dos primeros casos, abscisa en escala aritmética o de raíz cuadrada, o enfocar de cerca el infinito, en la recíproca.

En la curva logarítmica, alejada de ambos extremos, observamos un panorama central con perspectivas ilimitadas en ambos sentidos, que puede variarse como lo han hecho los colegas de R.A.U.S.A., eligiendo una abscisa loglog.

Bibliografía

- Burdenski, D. Métodos para la valoración agrológica de suelos en el Uruguay. Arch. Fit. Urug., 3: 387-445, 1941.
- Fischer, G. J. y Hermida, E. V. Registro de la movilidad del agua en el suelo. Arch. fit. del Uruguay, 4 (1): 78-80; 1949.
- Hermida, E. V. Índices de fertilidad en tierras de La Estanzuela. Arch. Fit. del Uruguay, 4 (3): 243-256; 1951.