

# CONSIDERACIONES PARA DETERMINAR LA VELOCIDAD DE PENETRACION DEL AGUA EN EL SUELO

POR MANUEL ROBLES LINARES. INGENIERO AGRONOMO  
DE LA DIRECCION DE AGROLOGIA DE LA C. N. I.

## INTRODUCCION

El presente trabajo fué desarrollado en el Estudio Agrológico Detallado de la Región de Tlahualilo, en la Comarca Lagunera.

Esta zona, presenta un clima semiárido, fuertes variaciones estacionales y muy escasa precipitación pluvial; el período de lluvias comprende los meses de mayo, junio, julio, agosto y, con mayor intensidad, septiembre. Lo anterior imparte modalidades muy interesantes al tipo de agricultura que se practica, pues debido a que las lluvias son insuficientes para los cultivos de temporal, la base fundamental es el agua de riego, por lo que las posibilidades agrícolas de la región se encuentran limitadas por sus recursos hidráulicos.

Los agricultores, con la debida anticipación, realizan trabajos preliminares, consistentes en la reparación de borderías de tierra de 1.5 a 2.00 m. de altura, delimitando así cuadros de 100 Ha., y éstos, a su vez, divididos en parcelas de 12 Ha., aproximadamente, quedando en esta forma sus terrenos convenientemente arreglados para recibir las avenidas del Nazas, que generalmente ocurren en los meses de agosto y septiembre. A esta forma de aplicar el agua, se le llama "anegar las tierras", y es precisamente en esta operación en la que descansa fundamentalmente la práctica agrícola de la región, y, en general, la de la Comarca Lagunera.

Aplicada el agua de esta manera, y debido a que en esa época la temperatura no es propicia para la siembra del algodón, el agricultor tiene que guardar el agua en el subsuelo hasta mediados de febrero, en que

empiezan las labores de la siembra, esto lo consigue mediante un arrope que practica en fecha variable, según el suelo de que se trate.

Por lo anterior se comprenderá la importancia que para esta zona tiene el conocimiento de la forma en que el agua penetra, los factores que en ocasiones la interfieren y en otras la favorecen, y, finalmente, una determinación, aunque sea aproximada, de la velocidad con que ésta se desarrolla en los distintos tipos existentes. Este carácter precisamente tienen las presentes consideraciones, así como sugerir su utilización en el estudio de suelos similares.

## EL AGUA COMO CONSTITUYENTE FUNDAMENTAL DEL SUELO

El suelo para que proporcione un soporte mecánico y un almacén de abastecimientos suficientes para el crecimiento y desarrollo de las plantas, generalmente es definido, como un cuerpo natural, originado por una combinación apropiada de partículas minerales, materia orgánica, agua y aire.

El constituyente agua, es muy variable en posición, movimiento y concentración. La mayor parte de ella, se encuentra circulando con más o menos libertad por los espacios intersticiales, pero otra es fuertemente retenida dentro de los complejos coloidales predominantes. Su concentración es también muy diversa, pues debido al bióxido de carbono y otras sustancias que siempre lleva, obra como soluto llevando, por lo tanto, cuando menos trazas de los materiales que originaron al suelo. Su movimiento también es

diverso, parte de ella circula con más o menos libertad por los espacios vacíos, pero otra apenas si cuenta con un ligero movimiento de difusión, dado que se encuentra en la interfase coloidal.

Estas apreciaciones básicas, nos llevan a concebir el agua en el suelo, como parte fundamental del suelo mismo. Sus conceptos se encuentran íntimamente relacionados y no podemos considerar a uno sin tomar en cuenta las relaciones que lo ligan con el otro. Esta inter-relación constituye la parte más activa y dinámica de todos los fenómenos físicos y químicos que se desarrollan en él.

### CLASIFICACION FISICA DEL AGUA EN EL SUELO

Los espacios vacíos que originan la mezcla de los sólidos del suelo, sabemos que se encuentran ocupados por agua y aire, pero suponiendo una porción de tierra, con una mínima parte de aire y casi completamente saturada de agua, es generalmente reconocido que ésta se encuentra en las siguientes cuatro formas: higroscópica, capilar interna, capilar externa y de gravedad.

**Agua higroscópica.**—Es la humedad que el suelo retiene en forma de película no líquida, cuando se encuentra en equilibrio con el aire. Su absorción obedece a la atracción molecular de las superficies coloidales, por lo cual, es una función directa de la naturaleza y cantidad de esta materia.

**Agua capilar interna.**—Es una transición de la higroscópica y la verdadera capilar, o sea la capilar externa. Se encuentra en contacto con la higroscópica, pero en estado líquido y posee únicamente un ligero movimiento de difusión.

**Agua capilar externa.**—Es la que se encuentra en forma de películas líquidas sobre las partículas del suelo y los complejos coloidales, retenida ligeramente por él, pero con una fuerza suficiente para no obedecer a la acción de la gravedad. Cambia de posición por capilaridad en lugar de difusión como la interna.

**Agua de gravedad.**—Es la que en forma también líquida se encuentra en los espacios vacíos, obediendo libremente a la acción de la gravedad. En su movimiento, no inter-

vienen los complejos coloidales más que indirectamente.

### MOVIMIENTOS DEL AGUA EN EL SUELO

Debido a que el desarrollo de las raíces de las plantas es muy lento, comparado con la velocidad de penetración del agua, ésta cuenta con diversos movimientos. Estos movimientos son la principal fuente de abastecimiento y han sido cuatro los reconocidos: difusión, capilaridad, infiltración y térmico.

**Movimiento de difusión.**— Cuando un suelo se encuentra perfectamente saturado de agua, los complejos coloidales se encuentran más o menos en estado de equilibrio hidrostático; pero si el agua se pierde en algún punto, se producirá inmediatamente un ligero movimiento hacia ese lugar, originado por las diferentes atracciones moleculares. A este lento movimiento se le da el nombre de difusión. Es muy importante, pues cuando el terreno se encuentra en una condición dispersada, y por la tanto, con fuertes cantidades de arcilla coloidal ocupando sus espacios vacíos, es la única fuente de abastecimiento para las plantas.

**Movimiento capilar.**— Supongamos un suelo que únicamente ha estado expuesto a la acción de una atmósfera saturada de vapor de agua y que, por lo tanto, tiene su necesidad higroscópica satisfecha.

Si en estas condiciones aplicamos una lámina determinada de agua, inmediatamente el terreno absorberá agua capilar externa, en forma de películas líquidas rodeando a las partículas del suelo, las cuales serán más gruesas en la superficie, y a medida que profundicemos, las encontramos más delgadas, hasta llegar a espesores completamente nulos, en las partículas todavía secas. En estas condiciones, las películas superiores engruesan paulatinamente y su tensión superficial disminuye, por lo cual, el peso de la parte inferior, actúa en este caso en el mismo sentido que la gravedad, arrastrando el agua hacia las partes inferiores. Es decir, se establece un movimiento, de la parte húmeda a la seca, originada por las diferentes tensiones en las partículas. (Figura 1.)

# MOVIMIENTO CAPILAR

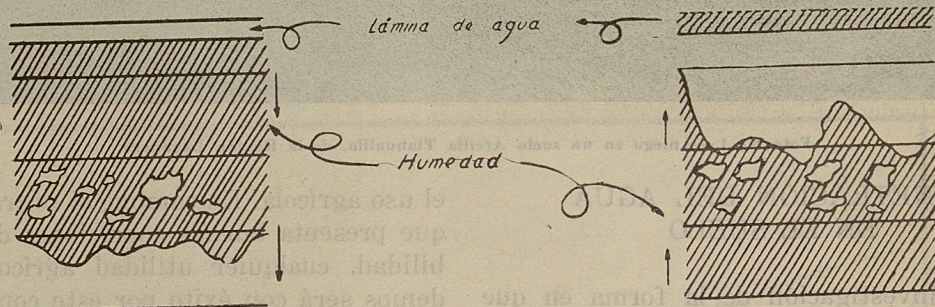
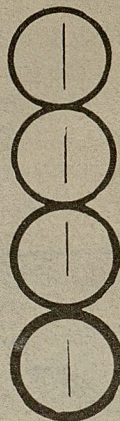
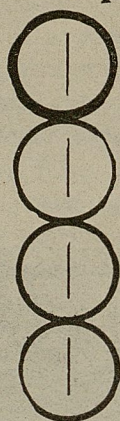


Fig N°1  
Movimiento Capilar descendente

Fig N°2  
Movimiento Capilar Ascendente

J.L. Correa I.

Una vez establecido el equilibrio e igualada la tensión superficial, este movimiento cesa, pero al desaparecer la lámina, empieza la evaporación en la superficie, originándose un adelgazamiento en las películas cercanas a la superficie y un aumento en la tensión superficial, iniciándose entonces un movimiento del agua de la parte inferior a la superior, venciendo el efecto de la gravedad. (Figura 2.)

Estos movimientos a que se encuentra sujeta el agua capilar externa, son precisamente, el movimiento capilar de los suelos, y son los fenómenos que se desarrollan al aplicar los riegos y después de ellos, naturalmente que no en forma tan sencilla como

han sido explicados, pues las partículas de suelo son muy diferentes en tamaño y forma; por otra parte, los espacios vacíos son muy variables y, finalmente, estos espacios son frecuentemente llenados por un gel coloidal viscoso, que interfiere este ajuste.

**Infiltración.**—El movimiento de desplazamiento del agua en un terreno saturado, o infinitamente cercano a este grado de humedad, es reconocido como infiltración.

**Movimiento térmico.**—Es designado así, el movimiento a que da lugar la evaporación del agua. Puede ser interno, cuando tiene lugar de un punto a otro del suelo, y externo cuando se origina en la superficie.



Foto N<sup>o</sup> 1.—Aniego en un suelo Arcilla Tlahualilo, de la Región Lagunera.

### PENETRACION DEL AGUA EN EL SUELO

Una investigación de la forma en que el agua penetra en el suelo, en cualquier estudio agrológico, es, desde el punto de vista práctico, más importante que cualquier otra consideración, pues un conocimiento más o menos verídico de este efecto, se traduce en un dato riguroso de las posibilidades que ese suelo tiene agrícolamente.

Por otra parte, para que un terreno bajo riego pueda emplearse con éxito, es necesario que presente una permeabilidad conveniente, pues además de servir como un depósito apropiado para el almacenamiento del agua que utilizan las plantas, debe permitir la eliminación de cualquier sobrante, y, a su vez, transportar cualquier concentración de sales existentes.

De acuerdo con lo anterior, cuando nos encontramos con algún suelo que por cualquier circunstancia interfiere manifiestamente los movimientos del agua, podemos, sin lugar a duda, si previamente no se verifican obras de mejoramiento, desecharlo para

el uso agrícola. En cambio, si se trata de uno que presenta buenas condiciones de permeabilidad, cualquier utilidad agrícola que le demos será con éxito por este concepto.

Cuando un terreno presenta las malas condiciones de permeabilidad expresadas, se observa generalmente que al agregarle agua, gran cantidad permanece en su superficie por largo tiempo. Este efecto, por lo que respecta a la constitución del perfil, es debido fundamentalmente a dos causas.

En algunos casos, al examinar el perfil en estas condiciones, encontramos que en algún lugar de él se encuentra un estrato de origen cualquiera, que por su dureza e impermeabilidad origina este estado de estancamiento. Esta causa es, desde luego, la menos nociva, pues hasta cierto punto es fácil su eliminación, ya sea por medio de labores profundas, o bien, explosivos de dinamita, que tiene por objeto romper ese horizonte. Un ejemplo de estos suelos lo tenemos en la Serie Maravasco de la Comarca Lagunera, la cual se caracteriza por presentar una capa de yeso amorfo consolidado, de 50 cm. de espesor, a una profundidad de 75 cm. apro-

ximadamente, las condiciones de textura, estructura, etc., de estos suelos, son bastante buenas, teniendo como único inconveniente el mencionado estrato.

En otros casos al examinar el perfil en cuestión, no encontramos ningún horizonte que aparentemente interfiera el paso del agua, y aun cuando seco el material, parece presentar un buen aspecto de porosidad y una cierta necesidad de agua, pero al aplicar ésta, nos encontramos con que penetra con mucha dificultad, y se produce el mismo o mayor estancamiento en la superficie, haciéndose la parte mojada sumamente pegajosa. Aquí el problema se presenta mucho más complicado, pues su mejo-

ramiento solamente lo podremos obtener modificando las condiciones físicas y mecánicas de estos suelos. La explicación más lógica de lo anterior, la encontramos en las propiedades que la arcilla coloidal presenta, pues indudablemente que éste es el material predominante, y además de dar con el contacto del agua ese aspecto pegajoso, su presencia interfiere el ajuste capilar, siendo el único modo de penetración un lento movimiento de difusión.

Este problema, precisamente es el que se presenta en la zona de Tlahualilo, de la mencionada Región Lagunera, y su estudio fué el que dió origen a este trabajo. Los suelos de esta zona, se encuentran agrupados

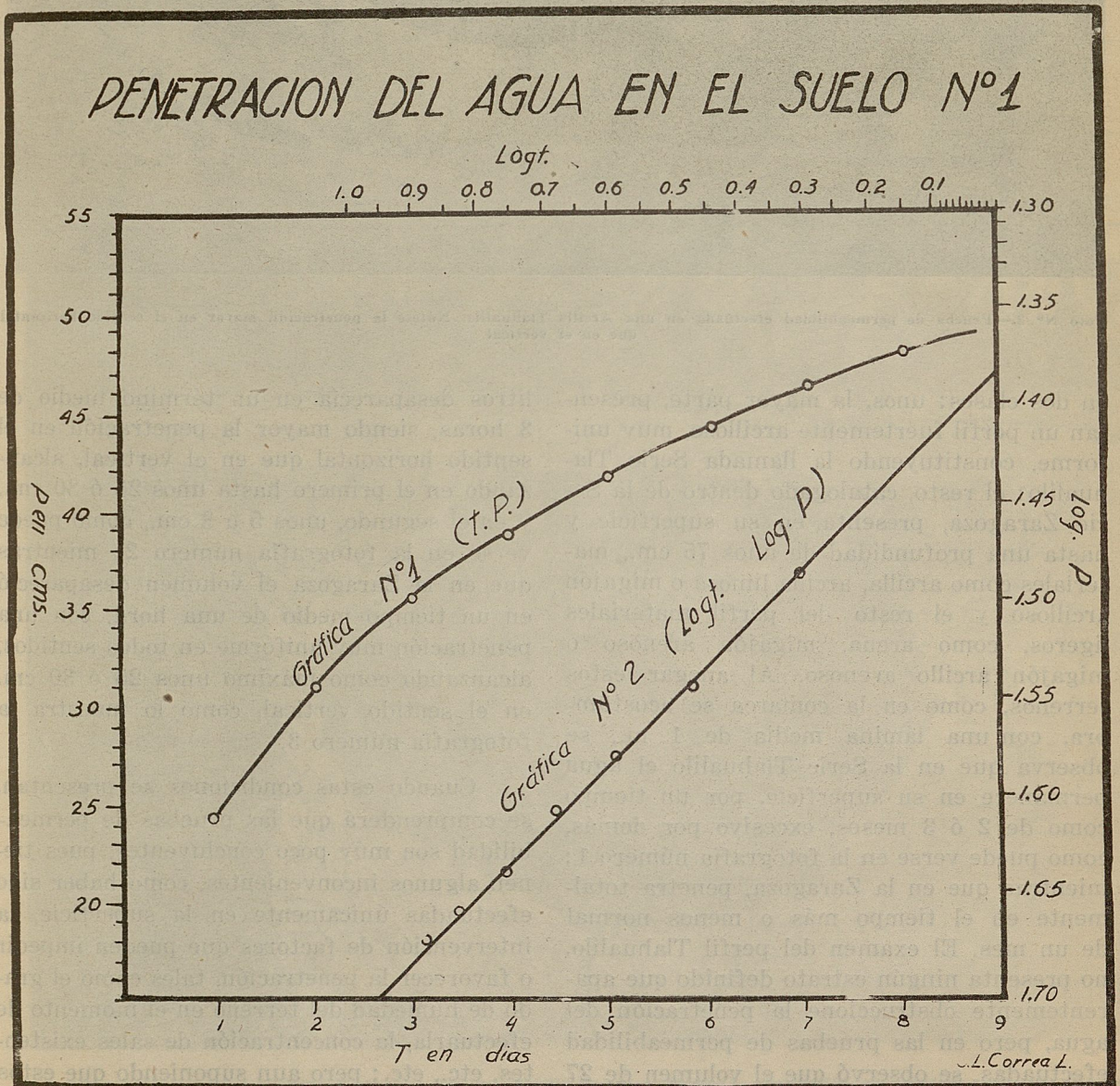




Foto N° 2.—Prueba de permeabilidad efectuada en una Arcilla Tlahualilo. Nótese la penetración mayor en el sentido horizontal que en el vertical.

en dos clases: unos, la mayor parte, presentan un perfil fuertemente arcilloso, muy uniforme, constituyendo la llamada Serie Tlahualilo; el resto, catalogado dentro de la Serie Zaragoza, presenta en su superficie y hasta una profundidad de unos 75 cm., materiales como arcilla, arcilla limosa o migajón arcilloso y el resto del perfil materiales ligeros, como arena, migajón arenoso o migajón arcillo arenoso. Al anegar estos terrenos, como en la comarca se acostumbra, con una lámina media de 1 m., se observa que en la Serie Tlahualilo el agua permanece en su superficie, por un tiempo como de 2 ó 3 meses, excesivo por demás, como puede verse en la fotografía número 1; mientras que en la Zaragoza, penetra totalmente en el tiempo más o menos normal de un mes. El examen del perfil Tlahualilo, no presenta ningún estrato definido que aparentemente obstruyere la penetración del agua, pero en las pruebas de permeabilidad efectuadas, se observó que el volumen de 27

litros desaparecía en un término medio de 3 horas, siendo mayor la penetración en el sentido horizontal que en el vertical, alcanzando en el primero hasta unos 25 ó 30 cm., y en el segundo, unos 5 u 8 cm., como puede verse en la fotografía número 2; mientras que en la Zaragoza el volumen desapareció en un tiempo medio de una hora, con una penetración muy uniforme en todos sentidos, alcanzando como máximo unos 25 ó 30 cm. en el sentido vertical, como lo muestra la fotografía número 3.

Cuando estas condiciones se presentan, se comprenderá que las pruebas de permeabilidad son muy poco concluyentes, pues tienen algunos inconvenientes, como haber sido efectuadas únicamente en la superficie, la intervención de factores que pueden impedir o favorecer la penetración, tales como el grado de humedad del terreno en el momento de efectuarla, la concentración de sales existentes, etc., etc.; pero aun suponiendo que estos

factores no existan, los términos que obtenemos al decir con ellas que un suelo es permeable, poco permeable o muy permeable, son escasos, pues no tendremos un conocimiento exacto hasta no hablar de su permeabilidad, en términos de la velocidad de penetración.

Para evitar estos inconvenientes y tener un conocimiento más real del fenómeno, se hicieron dos pozos de control en las zonas de terreno que más fielmente representaban

a las Series mencionadas. Previamente fueron practicados los Análisis Mecánicos de estos suelos, los cuales se muestran en el Cuadro número 1, el perfil típico de la Serie Tlahualilo, que llamaremos Suelo número 1, y en el Cuadro número 2, el perfil típico de la Zaragoza, que llamaremos Suelo número 2. Nótese la fuerte cantidad de arcilla fina del primero comparado con el segundo, hecho que imparte características muy interesantes a la penetración del agua.

### CUADRO NUM. 1

SUELO NUM. 1.— ARCILLA TLAHUALILO  
LOCALIZADO A 2 KILOMETROS AL ESTE DE CORDOBA  
ANÁLISIS MECÁNICO. (PARTES POR CIENTO)

Prof.	Arena gruesa	Arena media	Arena fina	Arena M fina	Arena total	Limo	Arcilla	Arcilla fina	Text.
0.00 a 0.30					32.18	16.36	6.00	45.46	R
0.30 a 2.00					30.46	9.36	17.36	42.82	R

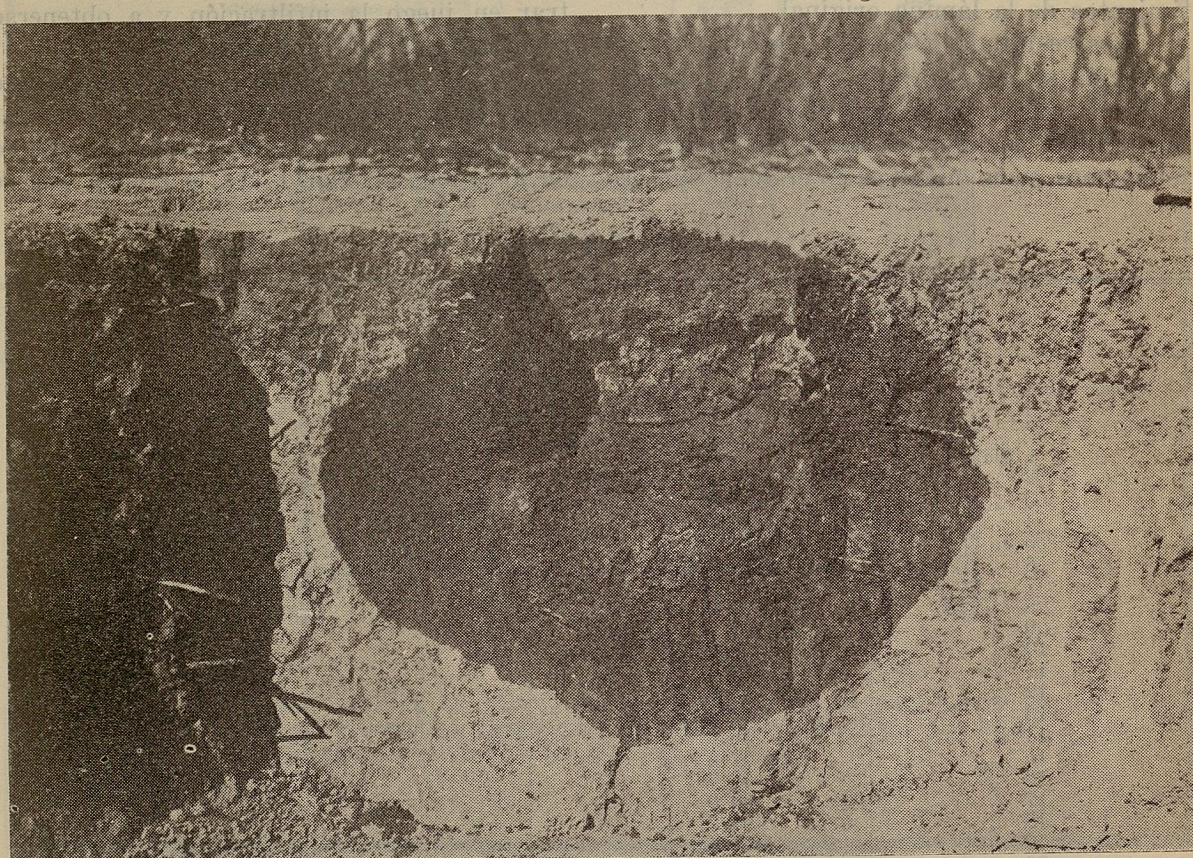


Foto N° 3.—Prueba de permeabilidad efectuada en una Arcilla Zaragoza. Nótese la penetración muy uniforme en todos sentidos.

## CUADRO NUM. 2

SUELO NUM. 2.— ARCILLA ZARAGOZA  
 LOCALIZADO EN LA TABLA NUM. 16 DEL CUADRO 2o. DE IBERIA  
 ANALISIS MECANICO. (PARTES POR CIENTO)

Frof.	Arena gruesa	Arena media	Arena fina	Arena M fina	Arena total	Limo	Arcilla	Arcilla fina	Text.
0.10	.....	.....	.....	.....	40.62	26.80	22.00	10.58	R
0.68	.....	.....	.....	.....	52.62	23.08	18.72	5.58	Mra.
1.00	.....	.....	.....	.....	41.98	52.44	0.00	5.58	ML.
1.71	.....	11.00	51.00	23.21	85.21	9.00	3.00	2.79	AF.
2.00	.....	8.00	70.00	15.07	93.07	3.18	0.00	3.75	AF.

En seguida, muestras de estos perfiles fueron llevados en tubos de vidrio de 4 cm. de diámetro por 2 m. de longitud, como lo muestra la figura número 3, llevando en 1 m. de tubo el perfil del suelo en cuestión, convenientemente seco, pulverizado y tamizado, hasta una profundidad de 2 m., a escala, y agregando un tirante de 37.5 cm. de agua destilada, haciendo observaciones sobre la penetración en tiempos adecuados y los abatimientos de la lámina original.

Los resultados a que se llegó en esta observación se muestran en el Cuadro número 3, en el cual se podrá apreciar la diferencia tan notable con que se desarrollaron ambos fenómenos, pues mientras en el Suelo número

1 en 20 días el agua penetró 63.5 cm., en el número 2, en sólo 6 días alcanzó 93.1 cm. Esto nos indica claramente que dadas las buenas condiciones mecánicas del segundo, se promovió un rápido ajuste capilar, mientras que en el número 1 se interfirió cualquier movimiento capilar y hubo predominancia en una lenta difusión; después de los 20 días no se prosiguió la prueba debido a que por el grado de saturación del suelo empezó a entrar en juego la infiltración y a obtenerse resultados un poco irreales.

Desde luego, se hace la aclaración que no se pretende que la velocidad de penetración en el suelo seco, pulverizado y colocado en los tubos de vidrio, sea la misma que se

## CUADRO NUM. 3

SUELO N° 1 ARCILLA TLAHUALILO		SUELO N° 2 ARCILLA ZARAGOZA	
Tiempo transcurrido en días	Penetración Cms.	Tiempo transcurrido en días	Penetración en Cms.
1 día	24.2 Cms.	1 día	35.0 Cms.
2 "	31.2 "	2 "	49.5 "
3 "	35.5 "	3 "	62.5 "
4 "	38.8 "	4 "	75.0 "
5 "	41.5 "	5 "	86.2 "
6 "	44.0 "	6 "	93.1 "
7 "	46.0 "		
8 "	47.5 "		
9 "	49.5 "		
10 "	51.0 "		
11 "	52.4 "		
12 "	53.9 "		
13 "	55.4 "		
14 "	56.5 "		
15 "	57.5 "		
16 "	58.7 "		
17 "	60.0 "		
18 "	61.2 "		
19 "	62.4 "		
20 "	63.5 "		

- SUELOS -

1. 2.

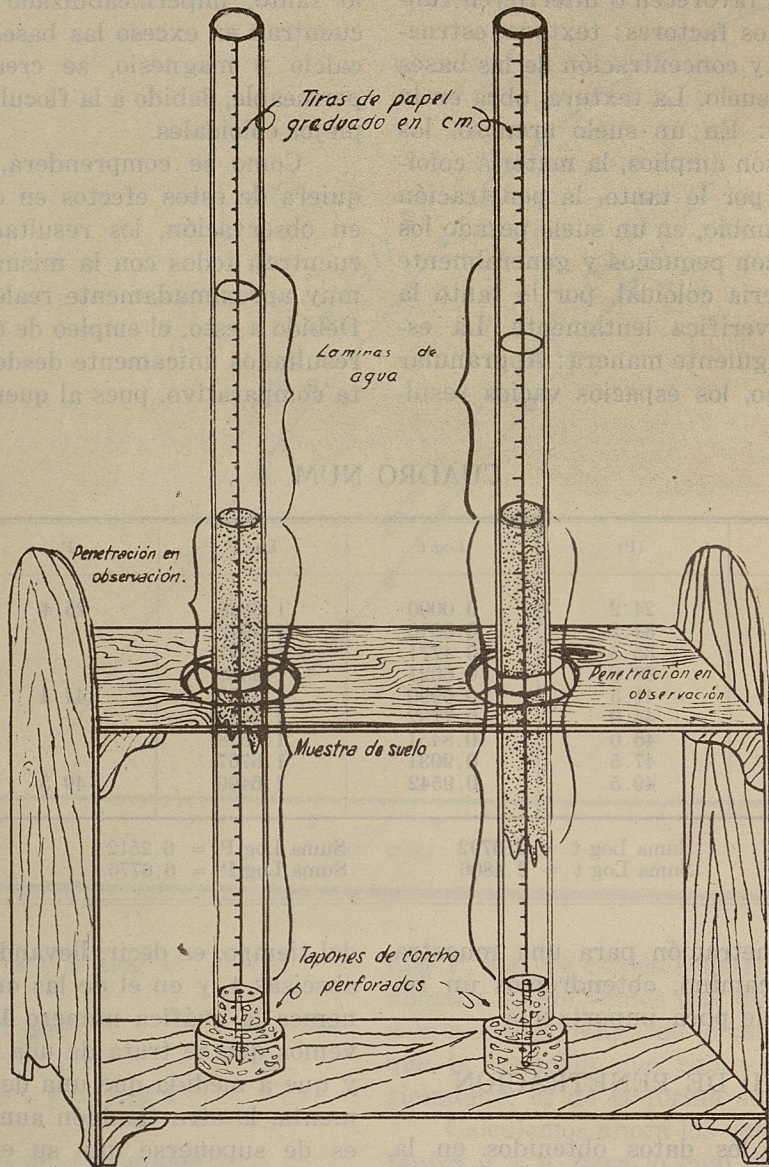


Fig. N° 3

Que muestra la disposición en que se colocarán los suelos 1 y 2 en los tubos de vidrio para hacer observaciones de la penetración del agua en tiempos adecuados y de los abatimientos de la lámina original.

JL Correa L

observa en el campo sometido a riego, pero sí es de suponerse que las diferencias en la velocidad de penetración para los diferentes suelos, tal y como se observan en los tubos de vidrio, son en la misma dirección y substancialmente del mismo grado que las que realmente se encuentran en el campo.

Se basa lo anterior, en el hecho de que la penetración la favorecen o interfieren fundamentalmente los factores: textura, estructura, naturaleza y concentración de las bases existentes en el suelo. La textura, obra en la forma siguiente: En un suelo arenoso, los espacios vacíos son amplios, la materia coloidal reducida, y, por lo tanto, la penetración se facilita; en cambio, en un suelo pesado los espacios vacíos son pequeños y generalmente rellenos de materia coloidal, por lo tanto la penetración se verifica lentamente. La estructura, de la siguiente manera: Al granular un suelo arcilloso, los espacios vacíos resul-

tan más grandes y posiblemente libres de cualquier interferencia de los gels coloidales, por lo cual se facilita considerablemente la penetración. Y, finalmente, el carácter de las bases que se encuentran combinadas con el suelo influyen en la forma siguiente: Cuando hay predominancia de bases alcalinas, sodio y potasio, el suelo es defloculado y, por lo tanto, impermeabilizado; cuando se encuentran en exceso las bases alcalinotérreas, calcio y magnesio, se crea una condición permeable, debido a la floculación de los complejos coloidales.

Como se comprenderá, al anular cualquiera de estos efectos en dos o más suelos en observación, los resultados como se encuentran todos con la misma omisión, serán muy aproximadamente reales en la práctica. Debido a esto, el empleo de este método tiene resultados únicamente desde el punto de vista comparativo, pues al querer determinar la

CUADRO NUM. 4

(t)	(P)	Log t	Log P	P <sub>0</sub>	Delta.
1	24.2	0.0000	1.3838	25.4	1.2
2	31.2	0.3010	1.4942		
3	35.5	0.4771	1.5502		
4	38.8	0.6021	1.5888		
5	41.5	0.6990	1.6180	41.4	0.12
6	44.0	0.7782	1.6435		
7	46.0	0.8451	1.6628		
8	47.5	0.9031	1.6767	49.5	0.00
9	49.5	0.9542	1.6496		
Suma Log t = 2.0792		Suma Log P = 6.2512			
Suma Log t = 3.4806		Suma Log P = 6.6776			

velocidad de penetración para una muestra única por este camino, obtendremos un resultado teórico de poca importancia.

VELOCIDAD DE PENETRACION

Observando los datos obtenidos en la forma anterior, vemos que debe de existir una relación que ligue la penetración (P) en centímetros, y el tiempo (t) en días. Determinemos estas relaciones:

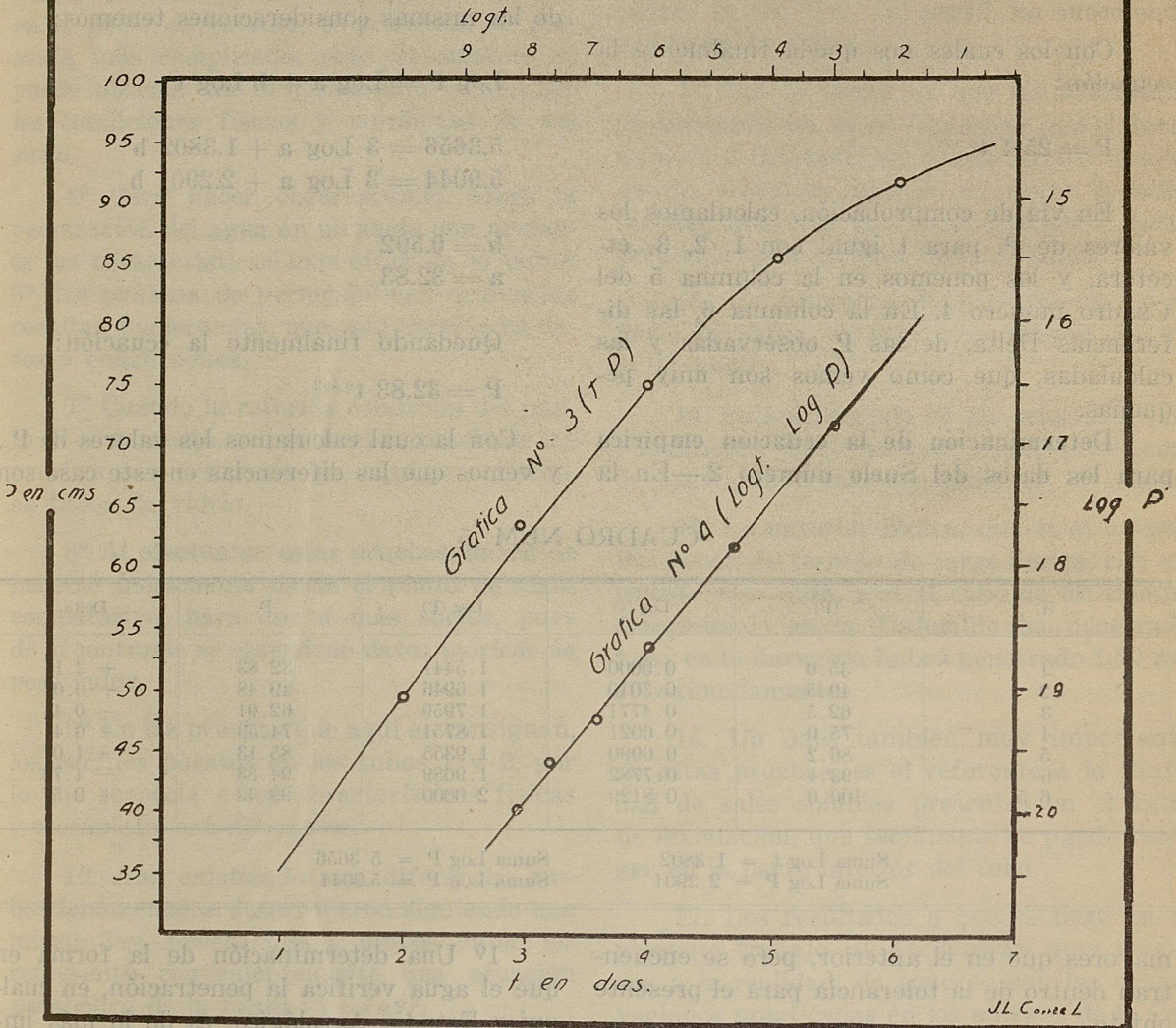
**Ecuación empírica que liga los valores de P y t, en la prueba del Suelo número 1.**— Construyendo con las columnas 1 y 2, del cuadro número 4, la gráfica de estos valores, expresando la penetración como una función

del tiempo, es decir, llevando en el eje de las abscisas t, y en el de las ordenadas P, obtenemos la gráfica número 1. Por su examen vemos que se trata de una curva parabólica, y que a medida que una de las variables aumenta, la otra también aumenta, por lo que, es de suponerse que su ecuación es de la forma:

$$P = at^b \dots\dots\dots (1)$$

Para comprobar si efectivamente la ecuación (1) representa los datos, utilicemos el siguiente método. Tomamos logaritmos de (1).

# PENETRACION DEL AGUA EN EL SUELO N°2



$$\text{Log } P = \text{Log } a + b \text{ Log } t \dots (2)$$

Y suponiendo que:

$$x = \text{Log } t ; e : y = \text{Log } P$$

Substituyendo en (2) queda:

$$y = \text{Log } a + bx$$

Que es una ecuación de primer grado en x e y; por lo tanto, la gráfica de (x, y), o lo que es lo mismo de (Log t, Log P) debe ser aproximadamente una recta.

Entonces en las columnas 3 y 4 del Cuadro número 4, calculamos los valores Log t y

Log P, con los cuales construimos la gráfica número 2, que vemos que es muy aproximadamente una recta, con lo cual, comprobamos que la ecuación que representa esos datos fielmente, es de la forma supuesta.

Calculemos ahora los valores de las constantes a y b, para lo cual dividimos los datos de las columnas 3 y 4 del Cuadro número 4, en dos grupos de 4 cada uno, desechando el primero, y sumando cada grupo, obtenemos dos valores de **Suma Log t**, y dos de **Suma Log P**, los que sustituidos en la ecuación 2, obtendremos:

$$6.2512 = 4 \text{ Log } a + 2.0792 b$$

$$6.6776 = 4 \text{ Log } a + 3.4806 b$$

De donde obtenemos los valores:

$$b = 0.304$$

$$a = 25.4$$

Con los cuales nos queda finalmente la ecuación:

$$P = 25.4 t^{0.304}$$

En vía de comprobación, calculamos los valores de P, para t igual con 1, 2, 3, etcétera, y los ponemos en la columna 5 del Cuadro número 4. En la columna 6, las diferencias Delta, de las P observadas y las calculadas, que como vemos son muy pequeñas.

**Determinación de la ecuación empírica para los datos del Suelo número 2.**—En la

misma forma anterior, con los resultados obtenidos en la observación, formamos el Cuadro número 5.

Construimos las gráficas 3 y 4, y haciendo las mismas consideraciones tenemos:

$$\text{Log } P = \text{Log } a + b \text{ Log } t$$

$$5.3656 = 3 \text{ Log } a + 1.3802 b$$

$$5.9044 = 3 \text{ Log } a + 2.2901 b$$

$$b = 0.592$$

$$a = 32.83$$

Quedando finalmente la ecuación:

$$P = 32.83 t^{0.592}$$

Con la cual calculamos los valores de P, y vemos que las diferencias en este caso son

CUADRO NUM. 5

(t)	(P)	Log (t)	Log (P)	P <sub>c</sub>	Delta.
1	35.0	0.0000	1.5441	32.83	+ 2.17
2	49.5	0.3010	1.6946	49.48	+ 0.02
3	62.5	0.4771	1.7959	62.91	- 0.41
4	75.0	0.6021	1.8751	74.59	+ 0.41
5	86.2	0.6990	1.9355	85.13	+ 1.07
6	93.1	0.7782	1.9689	94.83	- 1.73
6.5	100.0	0.8129	2.0000	99.43	+ 0.57
		Suma Log t = 1.3802	Suma Log P = 5.3656		
		Suma Log P = 2.2901	Suma Log P = 5.9044		

mayores que en el anterior, pero se encuentran dentro de la tolerancia para el presente objeto.

**COMPARACION DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES**

En la forma anterior, hemos obtenido las ecuaciones:

$$P = 25.4 t^{0.304} \dots\dots\dots (1)$$

$$P = 32.83 t^{0.592} \dots\dots\dots (2)$$

Expresándonos respectivamente la penetración del agua en las muestras típicas de las Series Tlahualilo y Zaragoza, en tubos de vidrio.

Haciendo un examen de las observaciones anteriores y de los resultados a que se llegó, vemos lo siguiente:

1º Una determinación de la forma en que el agua verifica la penetración, en cualquier Estudio Agrológico, es de lo más importante.

2º Los factores que fundamentalmente favorecen o interfieren esa penetración son: textura, estructura, naturaleza y concentración de las bases existentes en el suelo, sin existir predominancia en ninguno de ellos.

3º Con relación al examen práctico del perfil, dos son las causas que obstruccionan el paso del agua, produciendo, por lo tanto, una condición de estancamiento en la superficie.

4º Cuando el referido estancamiento superficial es producido por algún estrato impermeable que se encuentra en algún lugar del perfil, el problema se presenta hasta cierto punto sencillo, pues existen métodos fá-

ciles para dar a ese suelo una mejor condición mecánica.

5º Cuando el efecto del punto 3º, es originada por un alto contenido de arcilla fina en el suelo en estudio, el problema se presenta más complicado, pues únicamente se puede obtener un mejoramiento cambiando las condiciones físicas y mecánicas de ese suelo.

6º Para hacer observaciones sobre la penetración del agua en un suelo que presenta las características expuestas en el punto 5º, las pruebas de permeabilidad ordinarias resultan inadecuadas, pues son escasas en datos y conclusiones.

7º Cuando la referida condición del punto 5º se presenta, se recomienda practicar las pruebas de penetración que aquí se sugieren, en tubos de vidrio.

8º Al efectuarse estas pruebas, deben de hacerse únicamente desde el punto de vista comparativo, para dos o más suelos, pues de lo contrario se obtendrán datos teóricos de poco valor.

9º En las pruebas que aquí se consignan, los perfiles puestos en los tubos 1 y 2, por lo que respecta a sus características físicas y mecánicas, son diferentes.

10. Aun existiendo esta diferencia, ambos fenómenos se desarrollaron siguiendo una misma ley, puesto que a ambos datos los representó convenientemente una ecuación parabólica de la forma:  $y = ax^p$ .

11. La ecuación (1), referente a la Serie Tlahualilo, representa más fielmente los datos de la observación que la (2), lo que in-

dica una mayor uniformidad en el perfil del primero, o lo que es lo mismo, las características físicas y mecánicas de la Serie Tlahualilo, permanecen constantes o casi constantes en los 2 m. del perfil, no sucediendo así en la Zaragoza.

12. Por la forma en que los fenómenos se desarrollaron, es de suponerse que el Suelo número 2 favoreció un ajuste capilar conveniente, entrando después en juego la infiltración, mientras que en el número 1, hubo predominancia en una lenta difusión.

13. La velocidad de penetración en la Serie Zaragoza, es 1.30 veces mayor que en la Tlahualilo.

14. Esta diferencia en las velocidades de penetración, es de suponerse que permanezca constante o casi constante en el campo.

15. Lo anterior indica, que si al anegar dos zonas de terreno de estas Series, con un tirante constante, y si al cabo de un tiempo determinado en la Tlahualilo ha penetrado 1 m., en la Zaragoza habrá penetrado 1.30 m., aproximadamente.

16. Un dato también muy importante en estas pruebas, es el referente a la cantidad de sales solubles presentes en el agua de lexicivación, que fácilmente se puede recoger en la parte inferior del tubo.

17. Los resultados a que se llegó en el presente trabajo, se encuentran muy cercanos a la realidad, de acuerdo con las observaciones practicadas en los aniegos de la Comarca Lagunera, de lo cual no se consignan datos, debido a que fué ejecutado después de la época de aniegos 1943-1944.

CLIMA

El clima donde más se ha desarrollado la sub-irrigación es el llamado de tipo Mediterráneo que se caracteriza porque el sol brilla durante todo el año, los inviernos son moderados en sus tem-