

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA  
REVISTA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

(TERCERA EPOCA)

DIRECTOR AD-HONOREM : ENRIQUE C. CLOS

Tomo XL

La Plata (Prov. Buenos Aires), junio de 1964

Entrega 1<sup>a</sup>

## PERMEAMETRIA Y DINAMOMETRIA EN SUELOS PLATENSES<sup>1</sup>

Por ANA F. GARAY IRALA y ANIVAL LEONIL ANDRADE ROMERO<sup>2</sup>

### I. INTRODUCCION

#### A) OBJETO DEL TRABAJO

Debemos destacar, ante todo, que, con este trabajo, los autores emprenden una contribución a la ciencia edafológica, siendo, por lo tanto, un trabajo de iniciación. Por esta circunstancia, hemos elegido un tema de conveniente sencillez y practicidad, a la vez que interesante por algún problema al que pudiera aportar o resolver.

Hemos tenido en cuenta, para ello, que la Cátedra de Edafología orienta su enseñanza y su labor, poniendo de manifiesto la primacía de los factores de orden físico y orgánico, en la evolución general de la fertilidad y productividad de los suelos. Por otra parte, durante los trabajos prácticos de la misma, hemos observado que los resultados dados por el todavía poco usado entre nosotros permeámetro de campaña según Kohnke, son de los más reales y naturales posibles, comparados con los menos reales y naturales de otros métodos, como el clásico de Müntz, refiriéndose siempre a los métodos de campo "in situ".

Consecuentemente, nos ha parecido interesante practicar un relevamiento del suelo del campo didáctico-experimental de la Facultad de Agronomía de La Plata, en su aspecto de la permeabi-

<sup>1</sup> Trabajo realizado en la Cátedra de Edafología de la Facultad de Agronomía de La Plata (nº 3, n.s.).

<sup>2</sup> Ingenieros Agrónomos, ayudantes diplomados ad-honorem de la misma.



lidad para el agua, a fin de que quienes trabajan en cada una de sus secciones, tan homogéneas aparentemente, pero heterogéneas en realidad, como luego se verá, conozcan este valioso factor de funcionamiento radicular.

Además, nos hemos propuesto estudiar y determinar algunas variables que influyen en la permeabilidad, como son: lluvias y riegos (humedad presente); textura, puntos de equilibrio hidrodinámico (humedad equivalente) y compacción (resistencia específica).

Con respecto a este último aspecto, debemos recordar que ya Conti había previsto, en 1941, que su discutido modelo de "pala dinamométrica" podría ser útil también en determinaciones de permeabilidad en suelos de regadío, por la evidente relación entre la permeabilidad y la resistencia específica de los suelos.

Hemos elegido al campo didáctico-experimental de la Facultad de Agronomía como lugar de ensayo, por considerar que su suelo con sus variantes, es representativo de la importante zona hortiflorícola cual es La Plata y sus alrededores.

Es bien cierto que nuestro trabajo tiene un valor limitado en regiones húmedas y sub-húmedas (como en nuestro caso), donde la aridez y semiaridez no plantean problemas de riego, pero debemos hacer notar, como se aclarará luego, que durante los meses estivales, el exceso de evapotranspiración provoca un defecto en el almacenamiento hídrico.

Un hecho muy interesante y digno de destacar, es que la permeabilidad, tal como se procede en Holanda, es dato básico en el saneamiento de suelos con exceso de agua, caso permanente en nuestros "Bañados de Ensenada" y, por ejemplo, en el "polder" experimental que el INTA organiza en el Delta del Paraná (Campana).

Para evitar confusiones en el empleo de los términos "permeabilidad" e "infiltración", damos su acepción según el *Vocabulario Multilingüe de la Ciencia del Suelo*, publicado por FAO en 1960:

**Permeabilidad:** aptitud del suelo para dejar pasar a su través el aire y el agua.

**Infiltración:** el movimiento descendente del agua en el suelo.

## B) COLABORACIÓN RECIBIDA

Dejamos expresa constancia de nuestro agradecimiento al Profesor Titular de la Cátedra de Edafología, Ing. Agr. Rubén H. E. Molino, a cuyo cargo estuvo la programación, dirección y asesoramiento técnico de nuestro trabajo.

A él también le debemos la solución de los diversos problemas que surgieron en el transcurso del ensayo.

## II. REVISTA DE LA BIBLIOGRAFIA

Entre los antecedentes bibliográficos que hemos consultado para informarnos de las investigaciones realizadas en materia de permeabilidad y dinamometría, citaremos los siguientes, por la influencia tenida sobre este aporte:

Kohnke (1938), hace una reseña de los aparatos existentes hasta ese momento, para estudiar la infiltración del agua en el suelo y en su condición natural, señalando sus desventajas y exponiendo las consideraciones teóricas que lo condujeron a idear el aparato que nosotros empleamos para realizar el relevamiento.

El investigador holandés Timmers (1955) realizó determinaciones de permeabilidad "in situ" aunque con un método completamente diferente del empleado por Kohnke y con un objetivo también distinto. Determina la profundidad de la napa freática en varios puntos ubicados en una línea recta perpendicular a la dirección de un río. Luego, calcula la permeabilidad en base a esas profundidades y al nivel de las aguas del río. Es, por lo tanto, un método indirecto, mediante el cual obtiene datos de permeabilidad hasta profundidades muy superiores al de Kohnke, que, como se sabe, se reduce a la capa superior del suelo.

Como se ve, el objeto del método de Kohnke es explorar la permeabilidad en la capa superficial del suelo y sus datos se utilizan con fines casi exclusivamente agrícolas; en cambio, con el método de Timmers es posible conocer el movimiento de grandes masas de agua a grandes profundidades y sus resultados son muy útiles cuando se trata de realizar trabajos de saneamiento, drenaje, etc.

Refiriéndonos ya a la bibliografía argentina, debemos destacar a Bonfils (1951), que tiene para nosotros el mérito de ser el primer antecedente bibliográfico sobre este método en nuestro medio. Al referirse a la dotación de agua para riego, da gran importancia a la permeabilidad (que él determinó por supuesto con el permeámetro de Kohnke), haciendo notar que ésta depende fundamentalmente de la textura, estructura y consistencia del suelo.

Zaffanella y Gemesio de Zaffanella (1957), al estudiar la permeabilidad, con relación al "raquitismo" de los algodones chaqueños, realizaron ensayos de infiltración, empleando siempre el mismo método. Hacen una descripción detallada de la técnica seguida e interpretan los resultados obtenidos, llegando a la conclusión de que el factor permeabilidad está estrechamente relacionado con el "raquitismo" de los algodones de Las Breñas.

En lo que se refiere a la bibliografía dedicada a dinamometría, ella es más extensa y conocida, tanto en el extranjero como en nuestro país, por lo que sólo citaremos al mismo Conti, quien, en 1942, vuelve a reconocer la necesidad de poseer un procedimiento que permita establecer "in situ" las características físico-mecánicas del suelo y presenta un nuevo modelo de pala dinamométrica, que luego fue estudiado, perfeccionado y empleado por varios investigadores, como ser, entre nosotros, Baraña, Riccitelli, etc.<sup>1</sup>

### III. INSTRUMENTAL Y MÉTODO DE TRABAJO

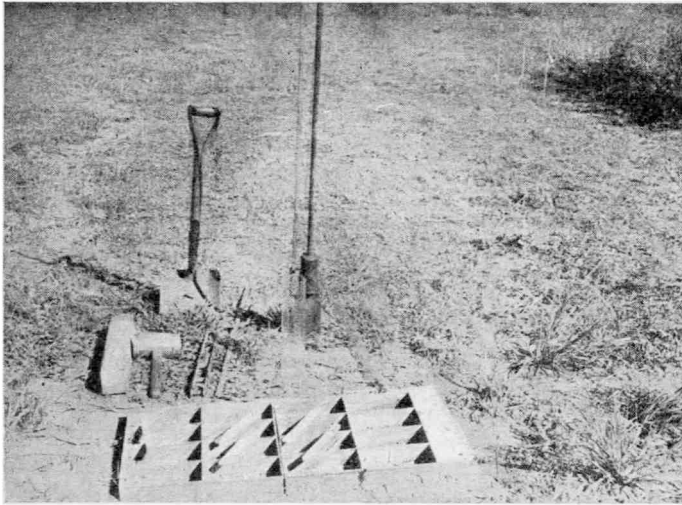
#### A) PERMEABILIDAD. DESCRIPCIÓN Y TÉCNICA DEL PERMEÁMETRO

Basándose en la hipótesis de que todo aparato para el estudio de la infiltración, debe reunir los siguientes requisitos:

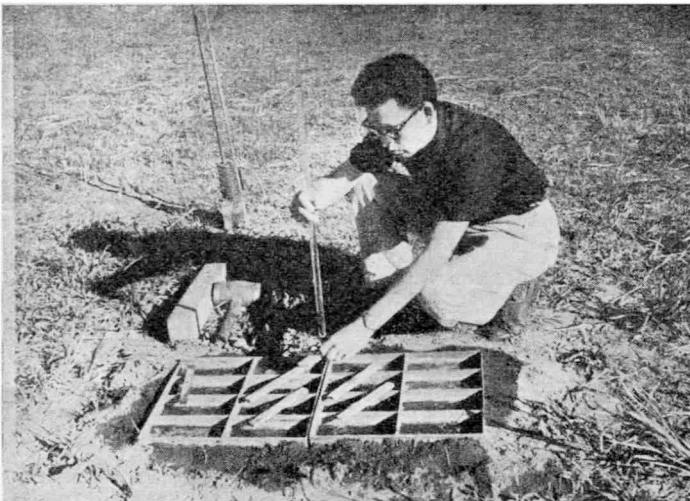
- a) favorecer una penetración de agua esencialmente vertical;
- b) impedir el flujo lateral del agua en el suelo;
- c) no crear una presión de aire en el suelo que sea superior a la que sufre bajo condiciones naturales;

Helmut Kohnke (1938) ideó el aparato que empleamos y que consiste en un cuerpo de diez y seis compartimientos, dividido

<sup>1</sup> Escrito lo que antecede, llegó a nuestras manos (febrero 1962), la exhaustiva reseña de Parr y Bertrand en *Adv. in Agron.* 12 (1960) 311-383, que, por su importancia, se comentó en la sección correspondiente del tomo anterior (1962) de esta Revista, págs. 120-121.



**Fig. 1. — Instrumental de trabajo listo para las determinaciones de campo**



**Fig. 2. — Reponiendo el agua infiltrada durante la determinación de la permeabilidad**



**Fig. 3.** — Midiendo la profundidad establecida (30 cm) en la extracción de muestras para humedades



**Fig. 4.** — La pala dinamométrica adoptada, en funcionamiento, y vista panorámica del campo ensayado

según modificación de los Zaffanella (1957), en dos secciones de ocho compartimientos cada una. La razón de esta división reside en la mayor facilidad para su transporte y su instalación en la tierra. Cada compartimiento tiene 20 cm de largo, 10 cm de ancho y 7,5 cm de profundidad. Cuando se colocan las dos secciones juntas, el aparato consta de cuatro compartimientos centrales y doce exteriores. Por sus características, se presta para experimentar bajo gran variedad de condiciones ambientales.

En cada determinación se ha procedido de la siguiente manera: elegido el sitio (al azar), se despejó el suelo de su vegetación, cortando las plantas a ras de tierra; se dispusieron los dos cuerpos del permeámetro de manera que se adosaran los lados con celdas centrales (ver foto n° 1), luego se colocó un tarugo prismático de madera dura, apoyando sobre ambos cuerpos, y se golpeó sobre éste con un mazo de madera, hasta conseguir que los cuerpos del permeámetro se enterraran uniformemente hasta unos dos centímetros (comprobando con un nivel de albañil). Esta profundidad es suficiente para evitar las comunicaciones superficiales del agua. Instalado el permeámetro en el suelo, se cargan con agua las doce cubetas periféricas, hasta dos centímetros de sus bordes aproximadamente y se mantiene ese nivel durante toda la operación; inmediatamente se cargan las cuatro celdas centrales, hasta alcanzar el mismo nivel de las anteriores (una manera práctica de controlar el nivel del agua, es utilizando tablitas atravesadas por un clavo, cuya punta sirve de nivel superior); a intervalos de cinco minutos y durante una hora, se repone el agua infiltrada en los cuatro compartimientos interiores, usando para ello buretas o probetas según las circunstancias; en una planilla de campaña (ver modelo) se anotan las reposiciones en cada cubeta central y se promedian las cuatro lecturas. Los compartimientos "buffer" o laterales, cuya función es impedir la infiltración lateral del agua de los compartimientos centrales, se tratan de igual manera, pero no se anotan las cargas. Los resultados se expresan en mililitros de agua infiltrados. Con los promedios acumulados de los cuatro compartimientos centrales, se construye el "permeograma" o curva de permeabilidad (ver gráficos n° 1 al n° 15), y con los promedios sin acumular, la marcha de la infiltración durante los sesenta minutos (ver gráficos n° 1a al n° 15a)<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Las planillas de campo correspondientes, han sido eliminadas a los efectos de esta publicación. Sólo queda una en blanco, como muestra operativa. (R.H.M.).



**B) RESISTENCIA ESPECÍFICA. PALA DINAMOMÉTRICA**

Para obtener los datos de resistencia específica de los suelos, hemos pensado en un método rápido e indirecto. Por ese motivo empleamos la pala dinamométrica de Conti (1942), que nos expresa la resistencia específica del suelo en función de la penetración vertical de su lámina entera. En cada determinación con la pala, se tomó el número de golpes necesarios para llegar a la profundidad establecida que fue, en nuestro caso, de veinte centímetros y luego se aplicó la siguiente fórmula para establecer la "Re":

$$Re = K \cdot \frac{N}{P} / S. \text{ El resultado se expresa en kg/dm}^2.$$

**K:** constante de la pala (1 kgm en nuestro caso).

**N:** número de golpes.

**P:** profundidad en m (0,2 m).

**S:** superficie de la lámina (0,2 dm<sup>2</sup>).

**C) HUMEDAD EQUIVALENTE, HUMEDAD PRESENTE Y TEXTURA**

Hemos determinado humedad equivalente siguiendo la técnica de Bouyoucos, según la cual un embudo Buchner, conteniendo la tierra saturada de humedad se adapta a un Kitasato y se somete mediante bomba de vacío, a una succión equivalente a una atmósfera. Los resultados se expresan en g%g de TFSE<sup>1</sup>.

Completando estos datos, hemos realizado también determinaciones de humedad presente (estufa) y de textura al tacto.

Las muestras para la obtención de los datos de humedad presente, humedad equivalente y textura, fueron extraídas igualmente a los 30 centímetros.

Para establecer dicha profundidad, realizamos ensayos previos con el fin de observar la profundidad alcanzada por el agua al cabo de los sesenta minutos que dura cada determinación. Promediamos las distintas profundidades observadas y obtuvimos la dicha cifra de 30 centímetros.

<sup>1</sup> En los suelos estudiados, la humedad equivalente al vacío, es un dato intermedio entre la humedad equivalente de centrifuga (Briggs y Schantz) y la capacidad de campo (R. H. M.).

#### D) CRITERIO SEGUIDO PARA FIJAR EL NÚMERO DE DETERMINACIONES

El campo didáctico-experimental de la Facultad de Agronomía de La Plata, lugar del ensayo, está dividido en quince secciones culturales que nosotros hemos considerado como unidades de ensayo. Como dichas secciones son trabajadas por diferentes cátedras para sus fines específicos, presentan cada una una historia agrícola distinta, como se podrá observar en los cuadros II y III. Como consecuencia de ello, existe gran heterogeneidad entre los cuadros, heterogeneidad que es dable también observar dentro de una misma sección.

En cuanto a superficie y nivel, ella también varía de sección a sección (ver plano acotado). Teniendo en cuenta estas consideraciones, hemos fijado para cada cuadro o sección un número de ensayos que fuera representativo de su superficie y de su heterogeneidad y micro-relieve. Los números fijados fueron de 2, 3 y 4 ensayos por sección, según sean chicos, medianos o grandes. Acordamos establecer el sitio de cada determinación al azar.

#### IV. CONDICIONES EXPERIMENTALES

Con el objeto de facilitar la interpretación de los resultados de la experiencia, describimos aquí las condiciones climáticas y edáficas del lugar donde ella se ha realizado.

##### A) COROGRAFÍA

El ensayo se efectuó, como ya se dijo, en el campo didáctico-experimental de la Facultad de Agronomía de La Plata. Este campo ocupa una superficie de ocho hectáreas y media, es completamente llano y su vegetación espontánea es herbácea, puesto que pertenece a la provincia fitogeográfica de la estepa pampeana, aunque profundamente modificado por la civilización (malezas de los cultivos). Geológicamente, el suelo pertenece al loess y limo pampeano, con influencia de los terrenos conchíferos del piso platense. Los análisis físico-químicos de estos suelos, se pueden consultar en los trabajos de Molino citados al final.

## B) DATOS CLIMÁTICOS Y METEÓRICOS

Según las clasificaciones de Thornthwaite, al partido de La Plata le corresponde la siguiente fórmula climática: cB'r (subhúmedo, mesotérmico, lluvias adecuadas en todas las estaciones). Papadakis, en su "Mapa Ecológico de la República Argentina" (1952), lo clasifica como CiMIsh (invierno suficientemente benigno para citrus, pero con algunas heladas; verano suficientemente cálido y largo para maíz, pero no para algodón; isohigro e higrofitico). Según el mismo Papadakis, "Cartilla Agrícola Forestal de la Provincia de Buenos Aires" (1953), la zona tiene, gracias a la influencia del Río de la Plata, un invierno muy benigno, con muy pocas heladas, tardías en primavera y tempranas en otoño y un verano fresco. Lluve entre 900 y 1.000 mm, pero como la atmósfera es húmeda y las plantas transpiran relativamente poco, esta cantidad cubre ampliamente las "necesidades normales" de los campos.

A pesar de que, según ambas clasificaciones, la zona cuenta con buena provisión de agua durante todo el año, hay que destacar que en los meses de diciembre, enero y febrero, en la primera capa del suelo, el agua es escasa, existiendo períodos en que no hay "agua utilizable" o en que ésta es inferior al 2%. Es esta la época de sequía estival, con escasas lluvias, que se producen en forma de chaparrones violentos, poco aprovechables para el suelo y las plantas (Cabrera, 1949) <sup>1</sup>.

De Burgos y Vidal (1951), se obtienen para la ciudad de La Plata y su zona, los siguientes datos, siguiendo a Thornthwaite (1948):

Evapotranspiración potencial, promedio anual.....	800 mm
Deficiencia de agua, promedio anual .....	0 mm
Exceso de agua, promedio anual .....	más de 150 mm

En el cuadro I hemos tabulado los datos pluviométricos y termométricos de La Plata, durante el tiempo que duró el ensayo, es decir, desde junio de 1961 a marzo de 1962. De acuerdo a ellos, podemos decir que hemos trabajado durante un invierno y verano moderadamente secos y una primavera moderadamente húmeda.

<sup>1</sup> Al tiempo de publicar este ensayo, la Cátedra ya cuenta con exhaustivos estudios de humedad y temperatura en el perfil platense (R. H. M.).

## CUADRO I

Datos pluviométricos y termométricos de La Plata durante el lapso experimental Junio 1961 - Marzo 1962

Fecha	Lluvias		Temperatura media mensual
	Precipitación mm	Total	
1-6-61 .....	1,0		
7-6-61 .....	1,3		
8-6-61 .....	1,3		
20-6-61 .....	0,3		10,0
28-6-61 .....	8,0		
30-6-61 .....	6,1	18,0	
1-7-61 .....	6,9		
5-7-61 .....	1,6		
6-7-61 .....	0,7		
10-7-61 .....	0,3		
11-7-61 .....	0,6		9,4
16-7-61 .....	3,9		
17-7-61 .....	6,6		
19-7-61 .....	1,6		
20-7-61 .....	41,3	63,5	
8-8-61 .....	0,4		
12-8-61 .....	0,8		
13-8-61 .....	0,1		
19-8-61 .....	0,5		
22-8-61 .....	11,2		12,6
24-8-61 .....	6,0		
25-8-61 .....	2,7		
29-8-61 .....	5,9	27,6	
11-9-61 .....	3,9		
12-9-61 .....	0,1		
23-9-61 .....	18,7		12,1
25-9-61 .....	0,3		
27-9-61 .....	4,3	27,6	
3-10-61 .....	1,5		
4-10-61 .....	0,4		
5-10-61 .....	11,4		
8-10-61 .....	1,9		
9-10-61 .....	39,3		
11-10-61 .....	0,1		
12-10-61 .....	0,3		16,6

Lluvias			Temperatura media mensual
Fecha	Precipitación mm	Total	
15-10-61 .....	0,2		
16-10-61 .....	20,3		
17-10-61 .....	3,8		
20-10-61 .....	2,0		
29-10-61 .....	0,7		
30-10-61 .....	18,1		
31-10-61 .....	4,8	104,8	
1-11-61 .....	1,5		
4-11-61 .....	11,4		
9-11-61 .....	49,7		
17-11-61 .....	0,1		
18-11-61 .....	6,6		
19-11-61 .....	3,1		19,6
21-11-61 .....	0,3		
28-11-61 .....	0,4		
29-11-61 .....	3,3		
30-11-61 .....	12,5	88,9	
8-12-61 .....	38,5		
15-12-61 .....	13,5		
16-12-61 .....	29,0		20,7
19-12-61 .....	8,6		
20-12-61 .....	0,7		
28-12-61 .....	4,3	94,6	
1-1-62 .....	1,5		
2-1-62 .....	9,0		
4-1-62 .....	8,5		
9-1-62 .....	13,2		
11-1-62 .....	0,3		21,2
13-1-62 .....	21,7		
14-1-62 .....	0,3		
23-1-62 .....	4,5		
24-1-62 .....	3,6	62,6	
15-2-62 .....	8,2		
17-2-62 .....	21,2		24,6
21-2-62 .....	1,5		
28-2-62 .....	4,5	35,2	
9-3-62 .....	8,8		
25-3-62 .....	1,9	10,7	20,4

## CUADRO II

Identificación de las determinaciones con los lugares, fechas y lluvias  
(Ver Plano y Cuadro I)

Ensayo nº	Fecha	Sección cultural	Última lluvia	
			Fecha	Préc. mm
1.....	22-III-62	Floricultura	9-III-62	8,8
2.....	22-III-62	»	»	»
3.....	22-VI-61	Fruticultura I	23-VI-61	8,0
4.....	23-VI-61	»	»	»
5.....	2-VIII-61	»	20-VII-61	41,3
6.....	1-VIII-61	Cultivos Ind.	»	»
7.....	3-VIII-61	»	»	»
8.....	7-VIII-61	»	»	»
9.....	9-VIII-61	Fitoquímica	8-VIII-61	0,4
10.....	21-VIII-61	»	19-VIII-61	0,5
11.....	27-VIII-61	»	25-VIII-61	2,7
12.....	30-VIII-61	Climatología	29-VIII-61	5,9
13.....	4-XII-61	»	30-XI-61	12,5
14.....	5-XII-61	»	»	»
15.....	6-XII-61	Forrajes	»	»
16.....	12-XII-61	»	8-XII-61	38,5
17.....	13-XII-61	»	»	»
18.....	14-XII-61	»	»	»
19.....	26-XII-61	Silvicultura	20-XII-61	0,7
20.....	27-XII-61	»	»	»
21.....	10-I-62	Cereales	9-I-62	3,2
22.....	17-I-62	»	13-I-62	21,7
23.....	18-I-62	»	»	»
24.....	19-I-62	»	»	»
25.....	25-I-62	Fruticultura II	24-I-62	3,6
26.....	26-I-62	»	»	»
27.....	31-I-62	»	»	»
28.....	1-II-62	Fruticultura III	»	»
29.....	6-II-62	»	»	»
30.....	23-III-62	»	9-III-62	8,8
31.....	9-II-62	Fruticultura IV	24-I-62	3,6
32.....	14-II-62	»	»	»
33.....	15-II-62	Fruticultura V	15-II-62	8,2
34.....	15-III-62	»	9-III-62	8,8
35.....	15-III-62	Fruticultura VI	»	»
36.....	16-III-62	»	»	»
37.....	17-III-62	Horticultura I	»	»
38.....	17-III-62	»	»	»
39.....	21-III-62	Horticultura II	»	»
40.....	21-III-62	»	»	»

Para completar los datos climáticos, diremos que la temperatura media anual en la zona es de 16 grados centígrados y la lluvia anual, alrededor de los 911 milímetros.

Damos también las coordenadas geográficas, a fin de ubicar a La Plata dentro de la provincia de Buenos Aires y del país:

Latitud: 34°55'S.

Longitud: 57°56'W de G.

Alt. s.n.mar: 15,28 m.

Aclaremos que los datos pluviométricos y termométricos citados en el cuadro I, fueron obtenidos en el Observatorio Astronómico de La Plata, situado a unos 500 metros del lugar de la experiencia.

En el cuadro II, hemos identificado cada determinación con la última lluvia caída antes de su realización.

Como se podrá apreciar, hemos evitado trabajar inmediatamente después de una lluvia, para no hacerlo con el suelo saturado.

## V. RESULTADOS OBTENIDOS Y SU INTERPRETACION

### A) OBTENCIÓN DE LOS DATOS

En base al método y el instrumental descripto en el capítulo III, y en las condiciones establecidas en el capítulo IV, hemos realizado determinaciones de:

Permeabilidad

Humedad presente (lluvias)

Humedad equivalente

Textura al tacto

Resistencia específica (dinamometría).

Todos ellos han sido obtenidos tomando el suelo en su condición natural, a diferencia de Riccitelli (1953), por ejemplo, quien, al determinar "Resistencia específica" varió a voluntad la humedad del suelo. Esto tiene importancia, como se verá luego, cuando se intenta hallar correlaciones entre los factores estudiados.

Debemos aclarar que cuando aquí hablamos de "permeabilidad", nos estamos refiriendo a los mililitros infiltrados, promediados y

acumulados en sesenta minutos en los cuatro compartimientos centrales de nuestro permeámetro. Con todos los datos obtenidos y observados, se construyeron los elementos para su interpretación y análisis: permeogramas, marchas de permeabilidad, plano acotado del campo relevado, cuadros y diagramas de puntos. Por razones de urgencia, no hemos incluido la recta de regresión y el coeficiente de correlación, necesarios para una definitiva y concluyente interpretación estadigráfica. (Gráficos 16 a 20).

**CUADRO III**  
Identificación de las determinaciones con secciones culturales  
y su historia agrícola (plano oficial)

Ensayo N°	Sección cultural	Historia agrícola
1 y 2 .....	Floricultura	Cultivada anualmente con flores
3, 4 y 5	Fruticultura I	Plantación de citrus arada regularmente
6, 7 y 8 .....	Cultivos Ind.	Cultivo de plantas industriales anuales y perennes
9, 10 y 11	Fitoquímica	Dividido en tres parcelas cultivadas cada tres años
12, 13 y 14	Climatología	Ensayos 12 y 13 : alfalfar de 8 años. Ensayo 14 : rastrojo
15, 16, 17 y 18 ..	Forrajes	Ensayos 15 y 16 : arado Ensayos 16 y 17 : barbecho
19 y 20 .....	Silvicultura	Barbecho de varios años
21, 22, 23 y 24 ..	Cereales	Ensayos 21, 23 y 24 : alfalfar Ensayo 22 : cultivo anual de cereales
25, 26 y 27	Fruticultura II	Plantación de ciruelos arada regularmente
28, 29 y 30	Fruticultura III	Plantación de ciruelos arada regularmente
31 y 32 .....	Fruticultura IV	Vivero de Fruticultura
33 y 34 .....	Fruticultura V	Plantación de manzanos
35 y 36 .....	Fruticultura VI	Alfalfar
37 y 38 .....	Horticultura I	Cultivado todos los años con hortal.
39 y 40 .....	Horticultura II	Idem

Con los datos de permeabilidad, se trazaron las curvas de permeabilidad y permeogramas ( mililitros infiltrados, promediados y acumulados) y las marchas de permeabilidad (ml infiltrados, s/promediar y s/acumular) de todos los sitios ensayados. (Gráficos 1 a 15 y

y 1u a 15u), respectivamente. Cuando en las curvas de las permeabilidades, las mismas se superponen, se destacan mediante trazos punteados en las gráficas respectivas. Se adoptó el criterio de agrupar en cada gráfico las curvas y marchas de cada sección cultural, considerando que así se posibilita su interpretación y uso práctico, con fines de conocer el suelo del lugar donde se trabaja.

Como se podrá observar en las gráficas 1 al 15, debido a la gran amplitud de los valores de la permeabilidad, hemos debido adoptar dos escalas prácticas, una de 3.000 ml y otra de 6.000 ml, en lugar de una general. Con el fin de ubicar fácilmente cada determinación, en el tiempo y en el espacio, hemos construido los cuadros II (de identificación de las determinaciones con los lugares, fechas y lluvias) y III (de identificación de los mismos con la sección cultural y su historia agrícola). En un plano acotado del campo didáctico-experimental, hemos rayado las secciones cuyo promedio de permeabilidad era superior al promedio general.

## B) INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS POR SECCIÓN CULTURAL

(Ver plano acotado)

*"Floricultura"*: En esta sección, los valores de la permeabilidad son escasamente diferentes, al igual que la humedad presente y equivalente. Sólo los datos de resistencia específica presentan diferencias apreciables, y ello lo atribuimos a una diferencia de laboreo inmediato recibido por ambos sitios ensayados (Gráficos 1 y 1a).

*"Fruticultura" I*: Aquí se destacan dos determinaciones de permeabilidad con valores extremos. La cifra mayor (4) fue obtenida un día antes de una copiosa lluvia, y la menor (3) al día siguiente. Además algunas grietas contribuyeron a aumentar la cifra mayor. (Gráfico 2 y 2a).

*"Cultivos industriales"*: Se presenta en esta sección un caso similar al anterior y, como se observará, la diferencia de los valores de humedad presente y equivalente, explican la amplitud de las cifras de permeabilidad. Por otra parte, en las determinaciones (7) y (8) la permeabilidad, a igualdad de humedad presente y equivalente, es inversamente proporcional a la resistencia específica. (Gráficos 3 y 3a).

**"Fitoquímica"**: En esta sección los datos de permeabilidad, humedad presente y equivalente, y resistencia específica fueron muy uniformes salvo las cifras discordantes de la determinación (11) (humedad equivalente y resistencia específica), imputables verosímilmente a la textura. (Gráficas 4 y 4 a).

**"Climatología"**: Nuevamente se presenta en esta sección una gran diferencia entre dos valores de permeabilidad (12) y (14). Pero si se observan las diferencias entre las cifras representativas de la humedad presente (lluvias) y la resistencia específica, se justifica la variabilidad de ambas determinaciones. (Gráficos 5 y 5 a).

**"Forrajes"**: Llamen la atención en esta sección las cifras elevadas al determinar la permeabilidad, lo cual puede deberse a la historia agrícola (raíces pivotantes de alfalfa, etc.) y a la humedad presente (16). Por otra parte, no se observa una neta dependencia entre los datos de permeabilidad y los datos de los otros factores. (Gráficos 6 y 6a).

**"Silvicultura"**: Las dos determinaciones se llevaron a cabo en un terreno dejado en barbecho desde hace varios años. La permeabilidad guarda relación con la humedad presente, mientras la humedad equivalente y la resistencia específica son uniformes, (Gráficas 7 y 7a).

**"Cereales"**: Todos los factores se mantuvieron uniformes en las cuatro determinaciones realizadas aquí. (Gráficos 8 y 8 a).

**"Fruticultura II"**: Los tres datos de permeabilidad presentan diferencias no muy marcadas. La interdependencia con los demás factores no se observa en forma concluyente. El "pico" en la determinación (25), se explica por las grietas anotadas. (Gráficos 9 y 9a).

**"Fruticultura III"**: En esta sección sí se nota mejor la dependencia de la permeabilidad con la humedad presente y la resistencia específica (30). (Gráficos 10 y 10 a).

**"Fruticultura IV"**: Corresponde al "vivero" de Fruticultura y sus valores de permeabilidad son altos, semejantes y guardan relación con los otros factores. (Gráficos 11 y 11 a).

**“Fruticultura V y VI”:** Mientras la humedad presente y equivalente permanecen parejas, la permeabilidad varía, al igual que la resistencia específica aunque no en forma dependiente. (Gráficos 12 y 12 a y 13 y 13 a).

**“Horticultura I y II”:** Estas secciones proporcionaron datos altos y no muy variables en cuanto a permeabilidad. La humedad presente y equivalente fueron prácticamente iguales. (Gráficos 14 y 14 a, y 15 y 15 a).

Hay que destacar en general que la determinación de resistencia específica llegó a 20 cm de profundidad, y que la penetración del agua infiltrada durante una hora, es superior a dicha profundidad (30 cm de promedio). Quizás sea este el motivo por el cual no se delineó una más estrecha relación entre ambos factores.

En conjunto se confirma que, en un trozo pequeño, relativamente, de terreno (8,5 ha) se observa, por los tratamientos culturales diversos, una gran variabilidad (heterogeneidad) de los factores edáficos estudiados, asunto necesario de ser tenido en cuenta, tal como lo analizara Molino (1943, 1948 y 1949), en trabajos fitotécnicos y de muestreo.

En cuanto al Plano acotado, es notable cómo las parcelas rayadas (valores altos de permeabilidad) se agrupan definitivamente por secciones en base a los tratamientos culturales sufridos, en relación a los otros (parcelas en blanco, con valores inferiores a la media general).

### C) INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS EN BASE A LOS DIAGRAMAS DE PUNTOS

Como ya se dijo, uno de los objetivos del trabajo es estudiar y tratar de encontrar probables correlaciones entre algunas variables que intervienen en la permeabilidad. Nos propusimos observar las siguientes relaciones:

- Dinamometría (R.e.) vs. Permeabilidad
- Humedad presente vs. Permeabilidad
- Humedad presente vs. Dinamometría
- Humedad equivalente vs. Dinamometría
- Humedad equivalente vs. Permeabilidad

Con tal efecto, se construyeron las representaciones gráficas (diagramas de puntos) (De Fina, 1933) correspondientes a cada correlación, para su interpretación.

Cabe destacar que, a cada correlación, correspondieron 40 pares de factores, ya que se realizaron 40 determinaciones de cada "juego" de ellos (permeabilidad, resistencia específica, humedad presente, humedad equivalente). Esto significa que, a cada quinto de ha, aproximadamente, le corresponde un "juego" de determinaciones, densidad aceptablemente suficiente.

La correlación Dinamometría vs. Permeabilidad (gráfico n° 16), se evidencia como negativa y significativa. En el correspondiente diagrama, los puntos llenos, que pertenecen a las secciones de altos valores de permeabilidad, están ubicados en un sector, y los de baja permeabilidad, en el otro sector, separados por una diagonal imaginaria.

Del diagrama de puntos n° 17, representativo de la correlación humedad presente vs. Permeabilidad, se desprende que existe una tendencia en la permeabilidad a aumentar cuando disminuye la humedad presente, pero no se observa una correlación tan evidente como se preveía. Esto es consecuencia de haber trabajado en condiciones naturales, sin controlar a voluntad la amplitud de ninguno de los factores estudiados. (Cuadro IV).

#### CUADRO IV

Amplitud de la variabilidad natural de los factores correlacionados

Diagrama N°	Correlación observada	Extensión natural de la variabilidad	
		Abcisas	Ordenadas
16...	Dinamometría vs. Permeabilidad	10-67 kg/dm <sup>3</sup>	167-6238 ml
17...	Humedad pres. vs. Permeabilidad	8-42 g % g	167-6238 ml
18...	Humedad pres. vs. Dinamometría	8-42 g % g	10-67 kg/dm <sup>3</sup>
19...	Humedad equiv. vs. Dinamometría	20-45 g % g	10-67 kg/dm <sup>3</sup>
20...	Humedad equiv. vs. Permeabilidad	20-45 g % g	167-6238 ml

En el diagrama n° 18, donde se representa la correlación humedad presente vs. Dinamometría, se observa una evidente correlación negativa y significativa.

En cuanto a la relación humedad equivalente vs. Dinamometría (gráfico nº 19), se hace notar que la pequeña superficie ensayada, prácticamente homogénea en cuanto a textura, y, por lo tanto, en cuanto a humedad equivalente, determinó que los puntos del diagrama se agruparan en la parte central del cuadrado, adoptando una disposición indefinidamente columnar.

La relación observada entre humedad equivalente y Permeabilidad (gráfico nº 20), es similar a la anotada en el caso anterior, siendo la causa de lo indefinido, la misma que en dicho caso.

## VI. RESUMEN Y CONCLUSIONES

**El objeto del trabajo ha sido:**

Realizar un relevamiento de la permeabilidad para el agua del campo didáctico-experimental de la Facultad de Agronomía de La Plata y

Determinar y estudiar algunas variables que influyen sobre dicha permeabilidad.

El campo didáctico experimental mencionado, posee una superficie de ocho hectáreas y media, es completamente llano y con vegetación natural herbácea, aunque profundamente modificada por la civilización (malezas y cultivos).

El tipo climático general de la zona es el sub-húmedo, mesotérmico, con lluvias adecuadas en todas las estaciones. Durante el verano, se observan deficiencias hídricas, variables según los años.

Geológicamente, pertenece al loess y limo pampeanos, con influencia de los terrenos conchillíferos del piso platense.

El ensayo se efectuó durante el lapso que va de junio de 1961 a marzo de 1962, habiéndose trabajado durante una primavera y un invierno moderadamente húmedos y un verano relativamente seco.

Para determinar permeabilidad se empleó el permeámetro de Kohinke, aún poco conocido y usado entre nosotros.

La resistencia específica del suelo se calculó en base a datos proporcionados por la pala dinamométrica modificada de Conti (versión 1941):

Se determinaron también humedad presente, humedad equivalente y textura al tacto.

Todas las determinaciones se realizaron tomando al suelo en su condición *natural*.

De la confrontación de los resultados obtenidos se concluye que:

La superficie relevada, a pesar de su pequeña dimensión, es muy heterogénea en cuanto a los factores edáficos estudiados.

Se observó marcada influencia de la resistencia específica sobre la permeabilidad, ya que, a mayor resistencia específica correspondió menor infiltración.

Las correlaciones humedad presente vs. dinamometría y humedad presente vs. permeabilidad se observaron en forma negativa y más o menos significativa, como se prevía.

Con respecto a las relaciones humedad equivalente vs. resistencia específica y humedad equivalente vs. permeabilidad, las correlaciones observadas fueron columnares e indefinidas, por la poca dispersión de los valores de humedad (condiciones naturales).

Las secciones más trabajadas (floricultura, horticultura, "vivero", fruticultura, forrajes) son las que han presentado mayores valores de permeabilidad. Por lo tanto, no solamente los factores edáficos intrínsecos son determinantes de la permeabilidad, sino que también, y en grado sumo, los derivados extrínsecamente de la historia agrícola o tratamientos culturales.

RÉSUMÉ <sup>1</sup>. — Dynamometrie et perméabilité de l'eau dans un sol de La Plata (Republique Argentine), par ANA FELISA GARAY IRALA ET ANÍVAL L. ANDRADE ROMERO. — Le travail dont nous allons parler a été réalisé dans la chaire d'édaphologie de la Faculté d'Agronomie de l'Université National de La Plata et son objet a été:

- 1º Réaliser un relèvement de la perméabilité de l'eau dans le champ didactique expérimental de la faculté citée ci dessus;
- 2º Déterminer et étudier les variables qui ont une influence sur cette perméabilité.

<sup>1</sup> Atención Profesora señorita Nérida Sánchez (Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación, La Plata).

La champ didactique expérimental a une superficie de 8 ha et demi, il est complètement plat ayant une végétation naturelle herbacée quoique très modifiée par la civilisation (broussailles et cultures).

Le climat de la zone est classé parmi les subhumides, mésothermiques, avec des pluies convenables dans toutes les saisons. Pendant l'été on observe des sécheresses variables selon les années.

Géologiquement il appartient au loess et limon de la région "pampeana" influencé par les terrains calcaires du sol "platense".

L'essai a été réalisé pendant la période qui va du mois de juin 1961 au mois de mars 1962, ayant travaillé pendant un printemps et un hiver modérément humides et un été relativement sec.

Pour déterminer la perméabilité on a employé le perméamètre de Kohnke peu connu encore et peu expérimenté chez nous.

La résistance spécifique du sol a été calculée sur des chiffres fournis par la sonde (pelle) dynamométrique modifiée par Conti (version 1941).

On a déterminé aussi l'humidité momentanée, l'humidité équivalente et texture au tact. Toutes les déterminations furent réalisées le sol ayant été considéré dans sa forme naturelle.

La comparaison des résultats obtenus démontrent que la superficie relevée bien que petite est très hétérogène par rapport aux facteurs édaphiques.

On a observé une remarquable influence de la part de la résistance spécifique sur la perméabilité du moment qu'à une plus grande résistance spécifique a correspondu une perméabilité plus petite.

Les corrélations humidité actuelle versus dynamométrie et humidité actuelle versus perméabilité ont été sous forme négative et plus ou moins significative, comme on l'avait prévu.

En ce qui concerne les relations humidité équivalente versus résistance spécifique et humidité équivalente versus perméabilité, les corrélations observées furent présentées en colonne et indéfinies par la petite dispersion des valeurs de l'humidité (conditions naturelles).

Les sections les plus travaillées (Floriculture, Horticulture, Pépinière, Fourrages) sont celles qui ont présenté les plus grandes valeurs de perméabilité. En somme, les déterminants de la perméabilité sont, non seulement les facteurs édaphiques intrinsèques, mais encore d'une manière remarquable les dérivés extrinséquement de l'histoire agricole ou traitements culturaux.

#### BIBLIOGRAFIA

ALLIOT, E. J., 1961. *Determinación comparativa de la resistencia a la pala dinámica en suelos regados por aspersión e infiltración.* — IDIA n° 158, pp. 12-13. Buenos Aires, Argentina.

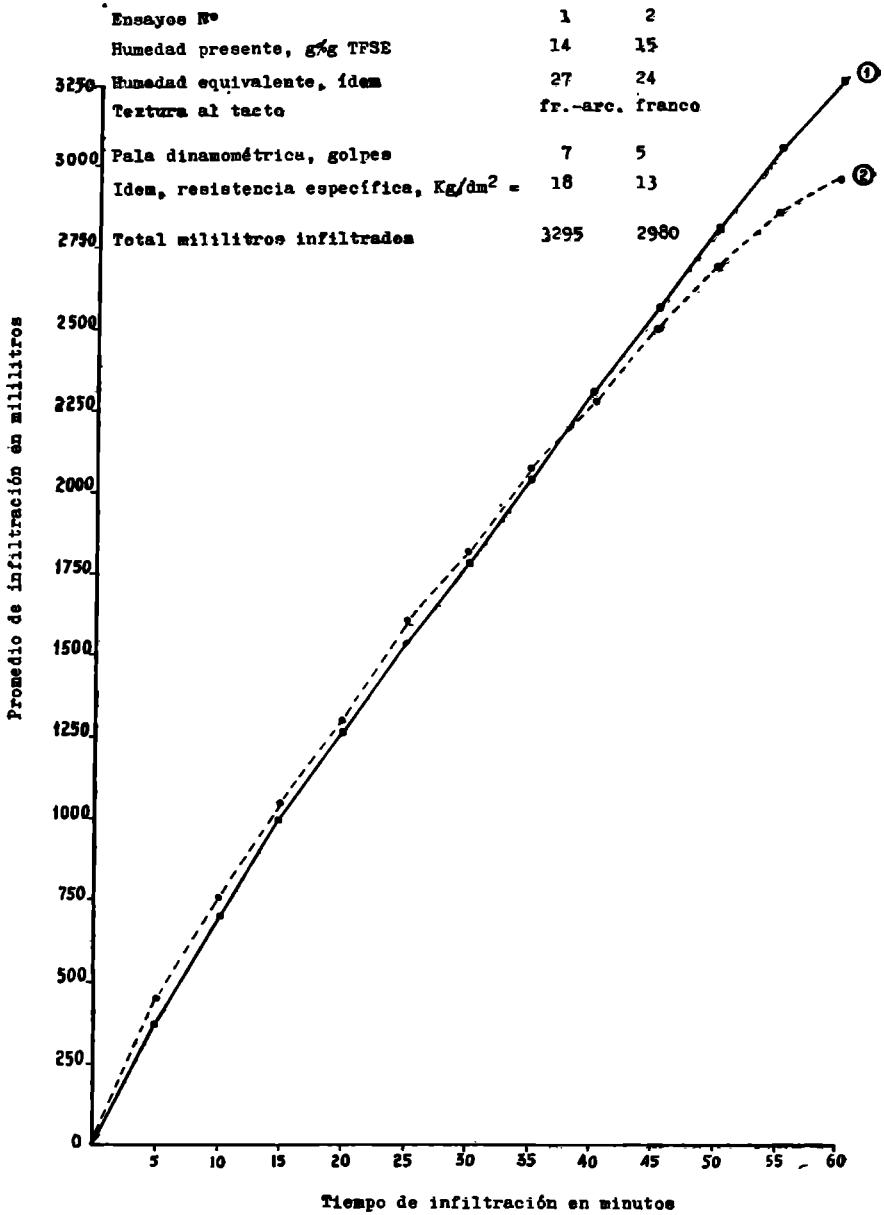
BONFILS, C. G., 1951. *Estudio agrohidrológico en el valle del río Lavayén.* — Instituto de Suelos y Agrotecnia, publicación n° 18. Buenos Aires, Argentina.

- BURGOS, J. J. y A. L. VIDAL, 1951. *Los climas de la República Argentina según la nueva clasificación de Thornthwaite*. — *Meteoros* 1 (1): 3-32. Servicio Meteorológico Nacional. Buenos Aires, Argentina.
- CABRERA, A. L., 1949. *Las comunidades vegetales de los alrededores de La Plata*. — Min. de Agric. y Gan. de la Nación, Dir. Gen. de Investigaciones Agrícolas, Instituto de Botánica, publicación técnica n° 51, Buenos Aires, Argentina.
- CONTI, M., 1942. *Determinación experimental de algunas características que interesan la mecánica del terreno agrícola. Un nuevo modelo de pala dinamométrica*. — Univer. Nac. de Buenos Aires, Fac. de Agron. y Veter., Jornadas 1941. Buenos Aires, Argentina.
- DE FINA, A. L., 1933. *Aplicación del cálculo estadístico de correlación para la predicción de cosechas*. — Ed. mimeogr. de 21 pp., Junta Nac. del Algodón (1939). Buenos Aires, Argentina.
- KOHNKE, H., 1938. *A method for studying infiltration*. — Soil Sc. Soc. of America, Proceedings 3: 296-303. U.S.A.
- MOLFINO, R. H. E., 1943. *Influencia de la reacción del suelo sobre el rendimiento de un ensayo de linos oleaginosos*. — Rev. de la Fac. de Agro- nomía de La Plata (3ª época), tomo XXV (1940), pp. 141-174. La Plata, Argentina.
- 1948. *Influencia de la reacción del suelo sobre el rendimiento de un ensayo de linos oleaginosos durante el bienio 1940-1941*. — Rev. Fac. Agron. La Plata (3ª época), 26 (2): 235-257. La Plata, Argentina.
- 1949. *La variabilidad de la reacción de un suelo en La Plata durante el septenio 1940-1946 y el problema del número de muestras*. — Rev. Fac. Agron. La Plata (3ª época), tomo XXVII, entrega 1, pp. 1-45. La Plata, Argentina.
- PAPADAKIS, J., 1952. *Mapa ecológico de la República Argentina*. — II Atlas (2ª edición), Min. Agric. y Gan. de la Nación. Buenos Aires, Argentina.
- 1953. *Cartilla agrícola-forestal de la provincia de Buenos Aires* — Min. de Agric. y Gan. de la Nación, publ. miscelánea n° 370. Buenos Aires, Argentina.
- RICCITELLI, J. A., 1953. *Índice de laborabilidad del suelo agrícola*. — Instituto de Suelos y Agrotecnia, tirada aparte de IDIA, año V, n° 63, pp. 3-7, marzo 1953. Buenos Aires, Argentina.
- TIMMERS, H. J., 1955. *Determination of soil permeability "in situ"*. — Netherlands Journal of Agricultural Science, mayo 1955, pp. 119-126. Holanda.
- ZAFFANELLA, M. J. R. y M. GEMESIO DE ZAFFANELLA, 1957. *El "raquitismo" del algodón en la región de Las Breñas, Chaco*. — Rev. IDIA n° 119, nov. 1957, pp. 147. Buenos Aires, Argentina.

La Plata, 17 de abril de 1962.

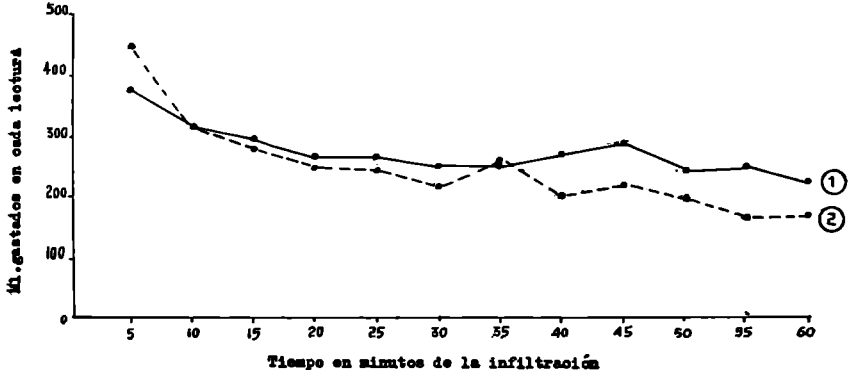
GRAFICA Nº 1

Curvas de permeabilidad correspondientes a los ensayos nº 1 y 2 (Floricultura)



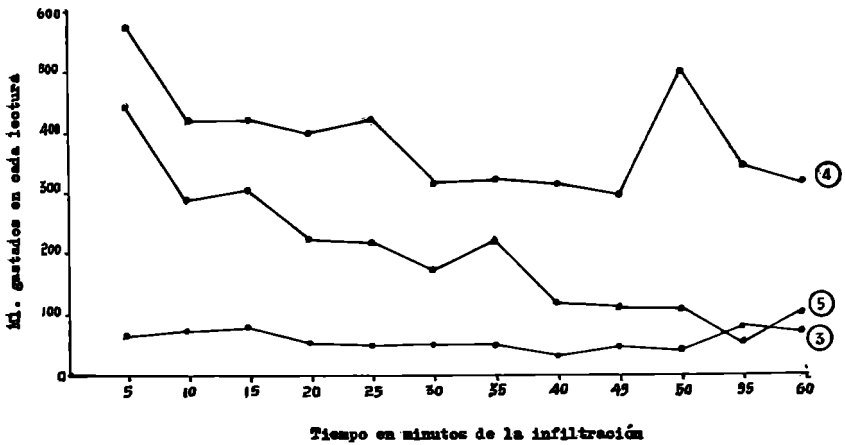
GRAFICA N° 1  $\alpha$

Marcha de la permeabilidad durante los ensayos n° 1 y 2 (Floricultura)



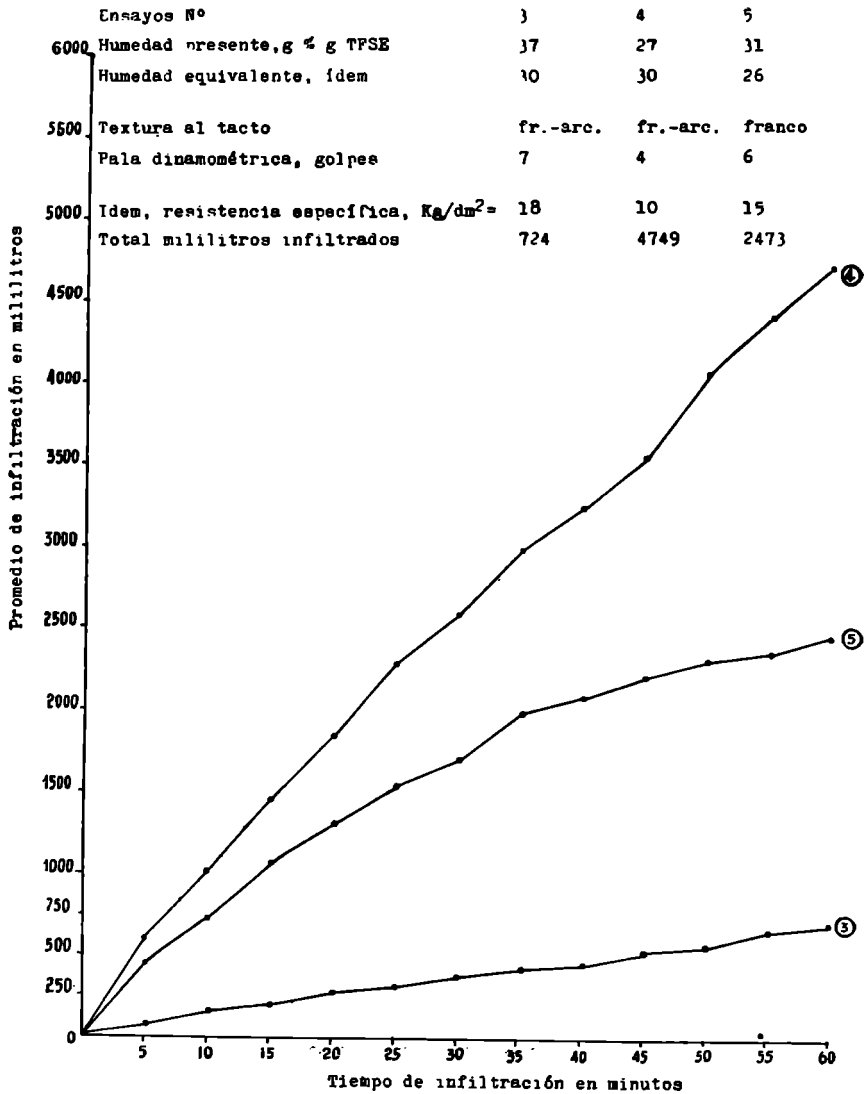
GRAFICA N° 2  $\alpha$

Marcha de la permeabilidad durante los ensayos n° 3, 4 y 5 (Fruticultura I)



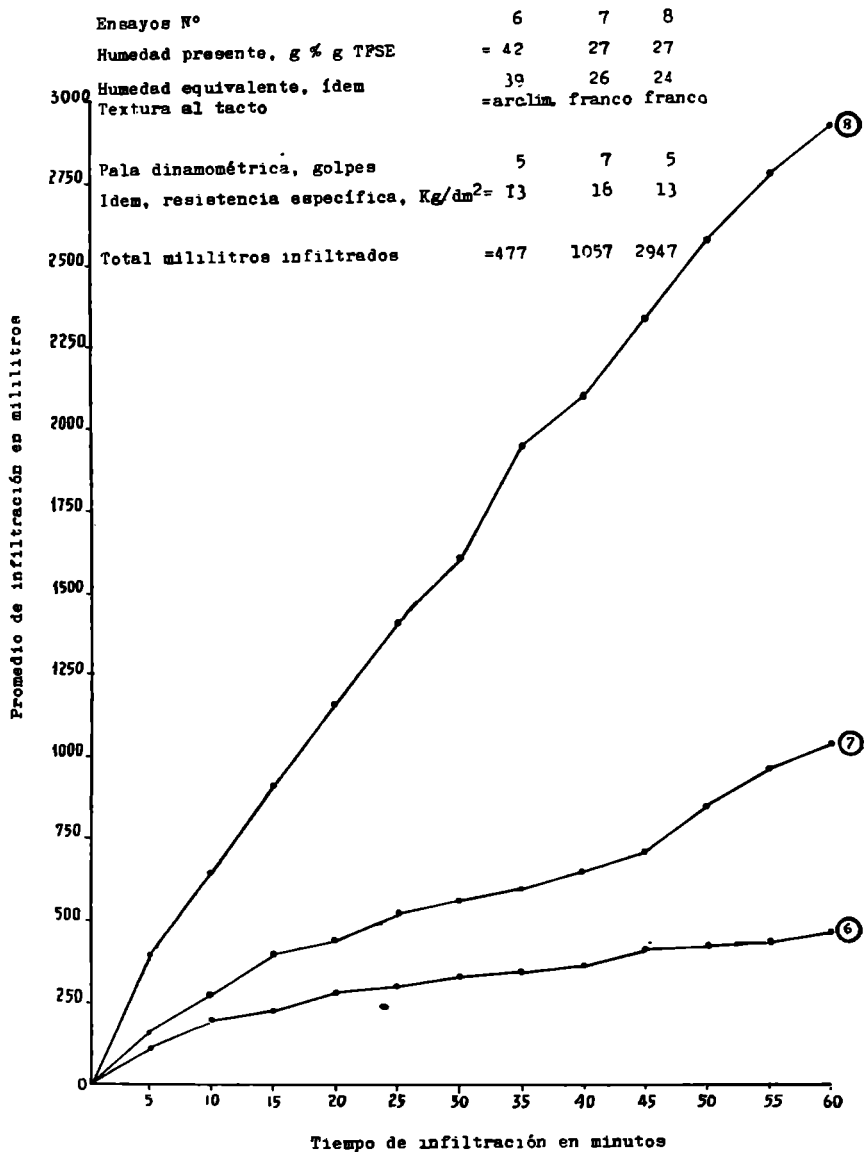
## GRAFICA N° 2

Curvas de permeabilidad correspondientes a los ensayos n° 3, 4 y 5 (Fruticultura I)



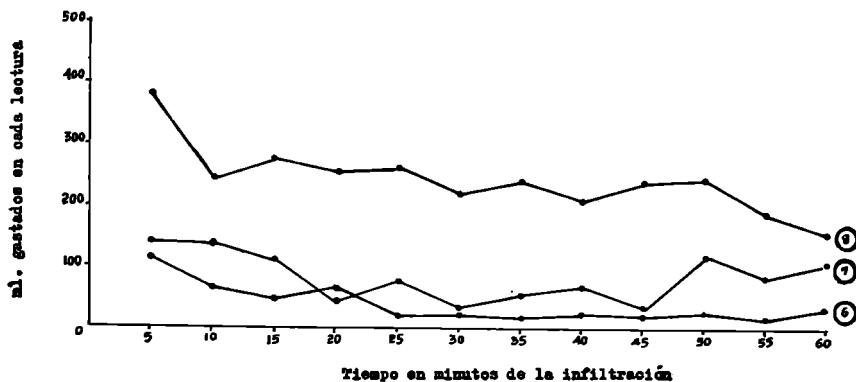
GRAFICA N° 3

Curvas de permeabilidad correspondiente a los ensayos n° 6, 7 y 8  
(Cultivos industriales)



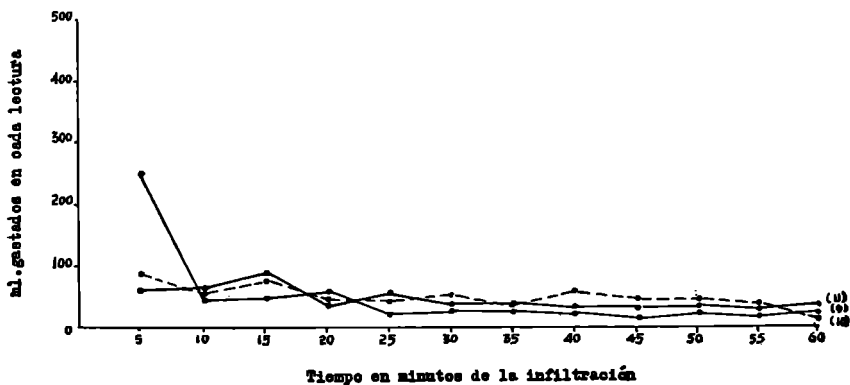
GRAFICA N° 3a

Marcha de la permeabilidad durante los ensayos n° 6, 7 y 8  
(cultivos industriales)



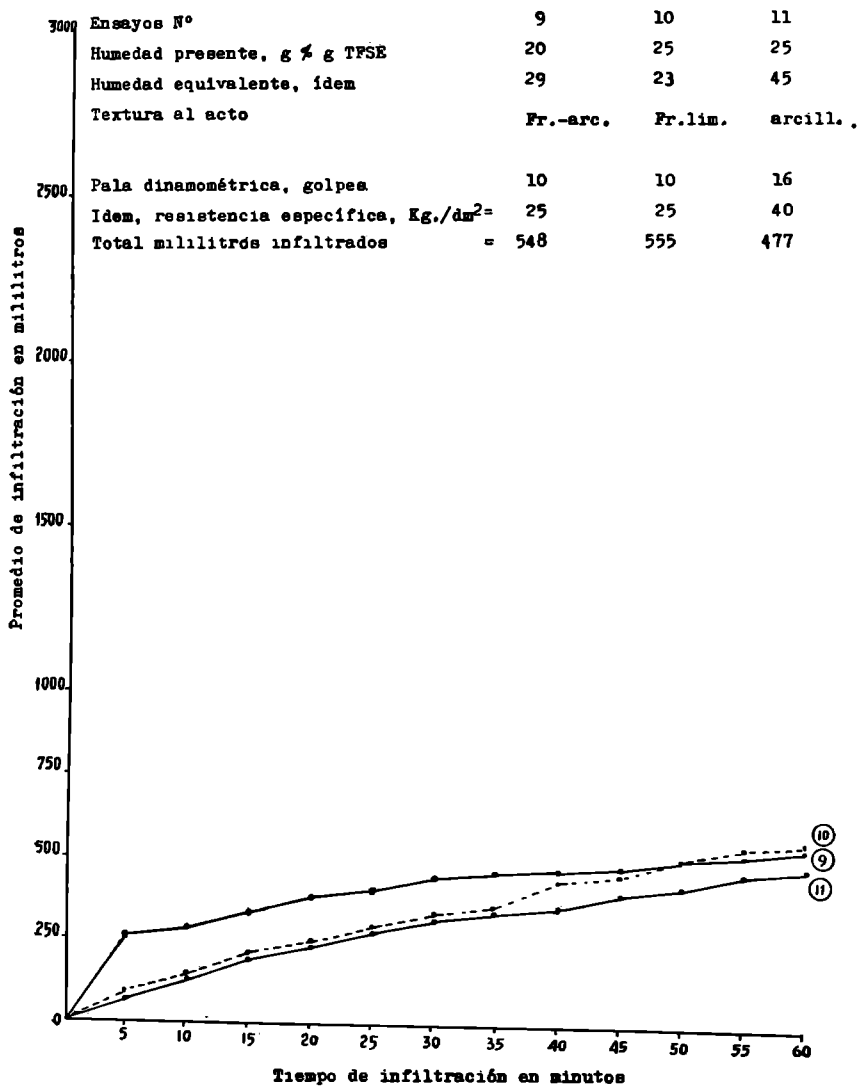
GRAFICA N° 4a

Marcha de la permeabilidad durante los ensayos n° 9, 10 y 11 (Fitoquímica)



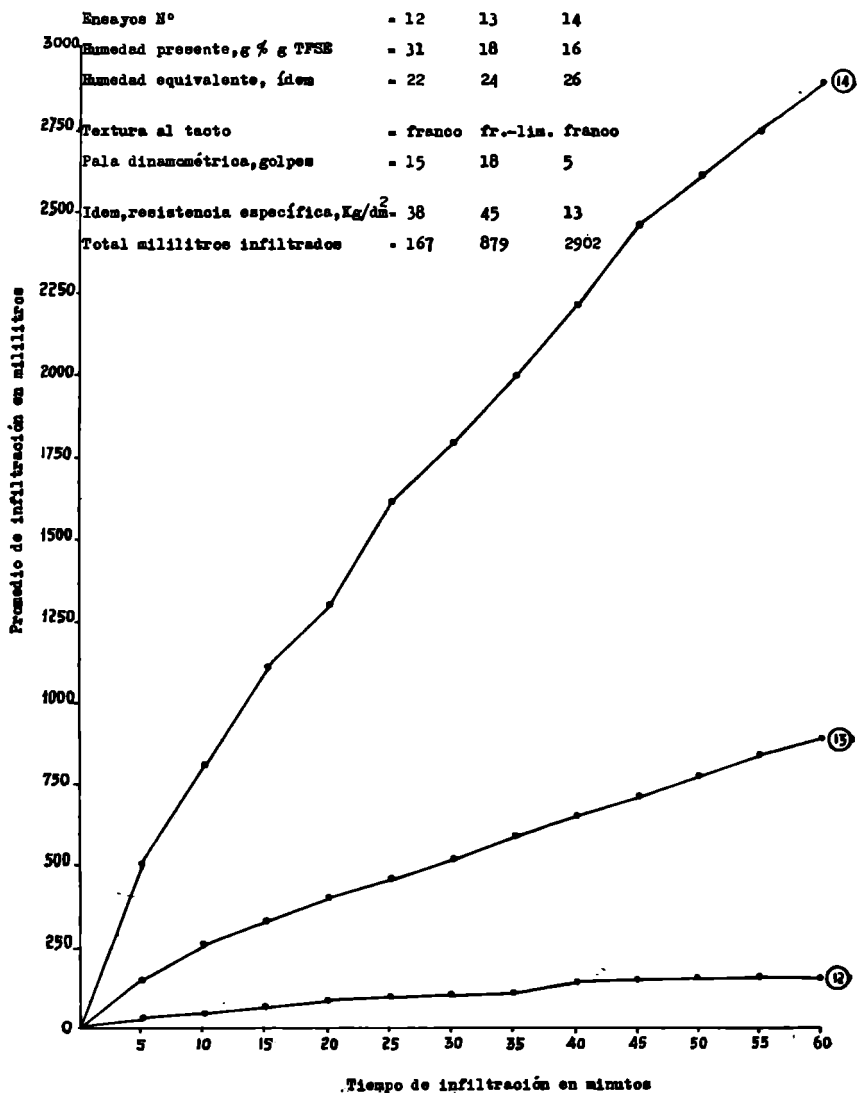
GRAFICA N° 4

Curvas de permeabilidad correspondientes a los ensayos n° 9, 10 y 11 (Fitoquímica)



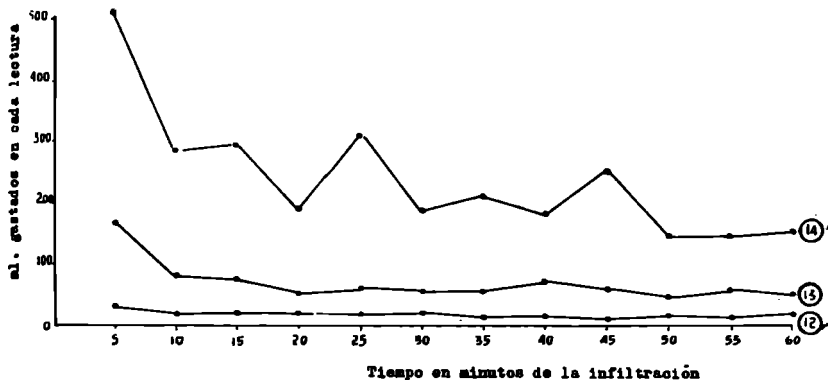
GRAFICA Nº 5

Curvas de permeabilidad correspondientes a los ensayos nº 12, 13 y 14 (Climatología)



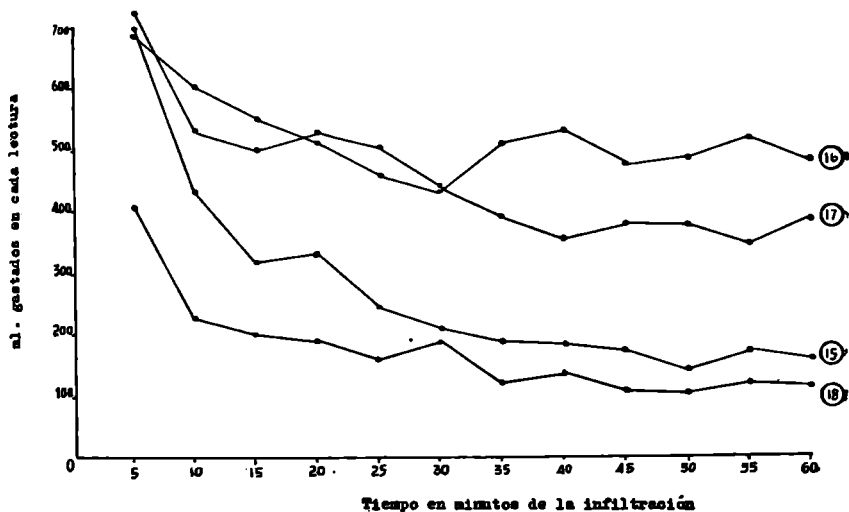
GRAFICA N° 5 a

Marcha de la permeabilidad durante los ensayos n° 12, 13 y 14 (Climatología)



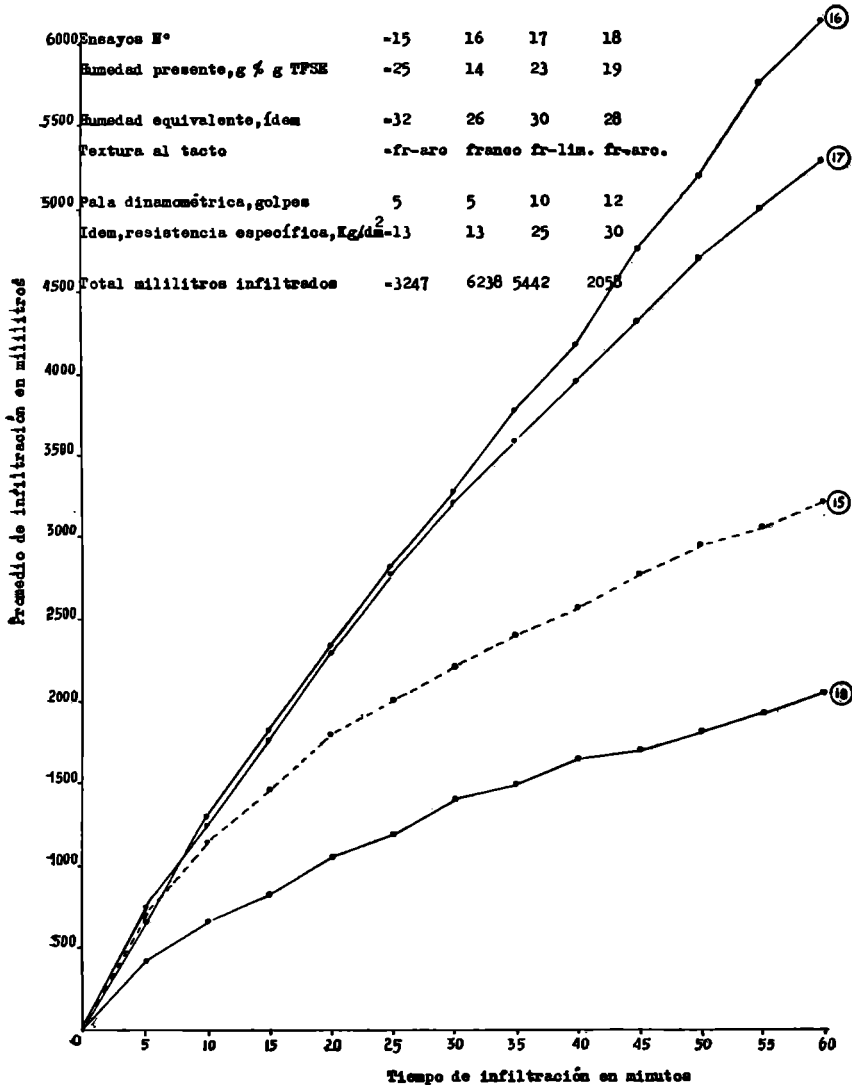
GRAFICA N° 6 a

Marcha de la permeabilidad durante los ensayos n° 15, 16, 17 y 18 (Forrajes)



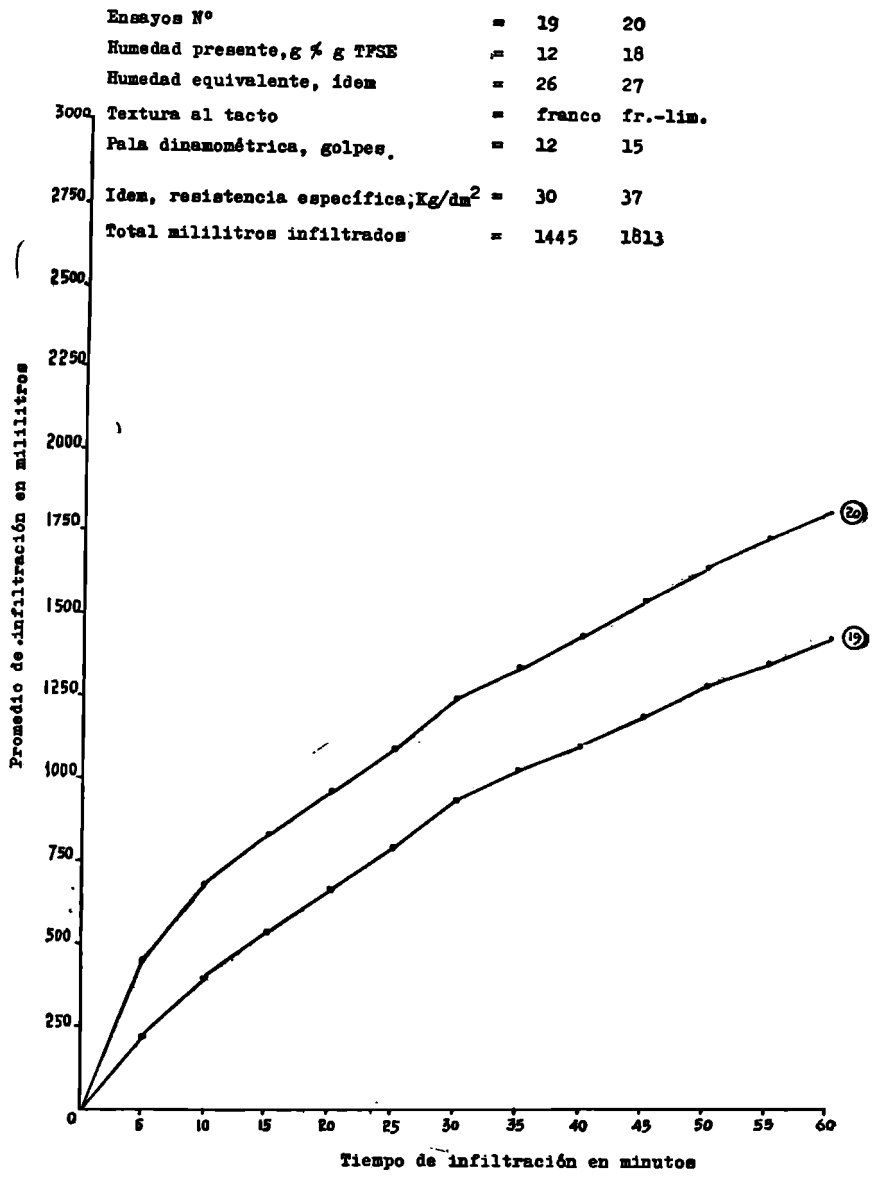
GRAFICA Nº 6

Curvas de permeabilidad correspondientes a los ensayos nº 15, 16, 17 y 18 (Forrajes)



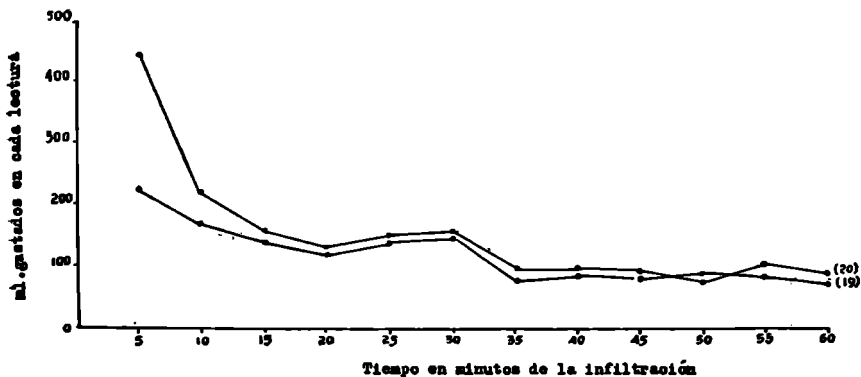
GRAFICA N° 7

Curvas de permeabilidad correspondientes a los ensayos n° 19 y 20 (Silvicultura)



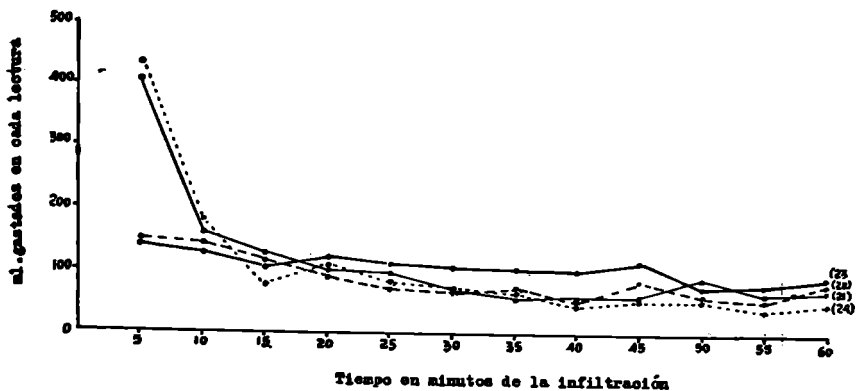
GRAFICA N° 7a

... Marcha de la permeabilidad durante los ensayos n° 19 y 20 (Silvicultura).



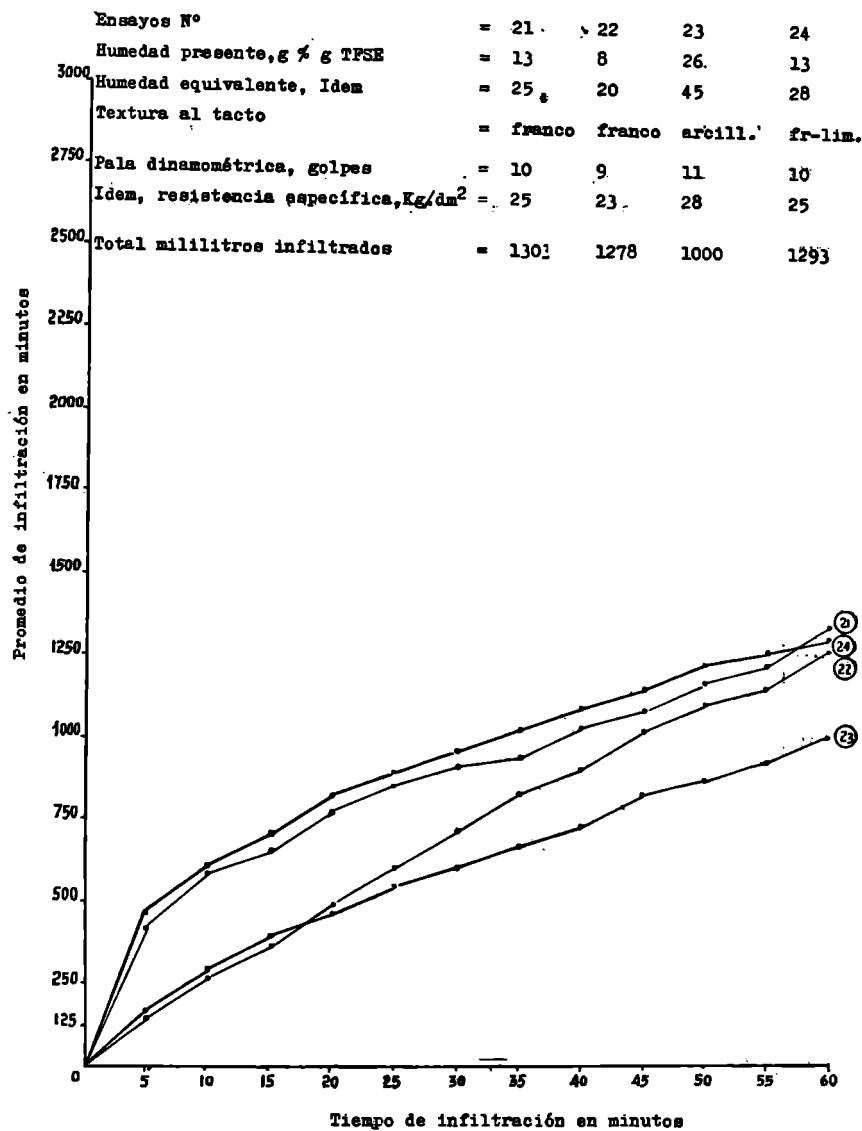
GRAFICA N° 8a

Marcha de la permeabilidad durante los ensayos n° 21, 22, 23 y 24 (Cereales)



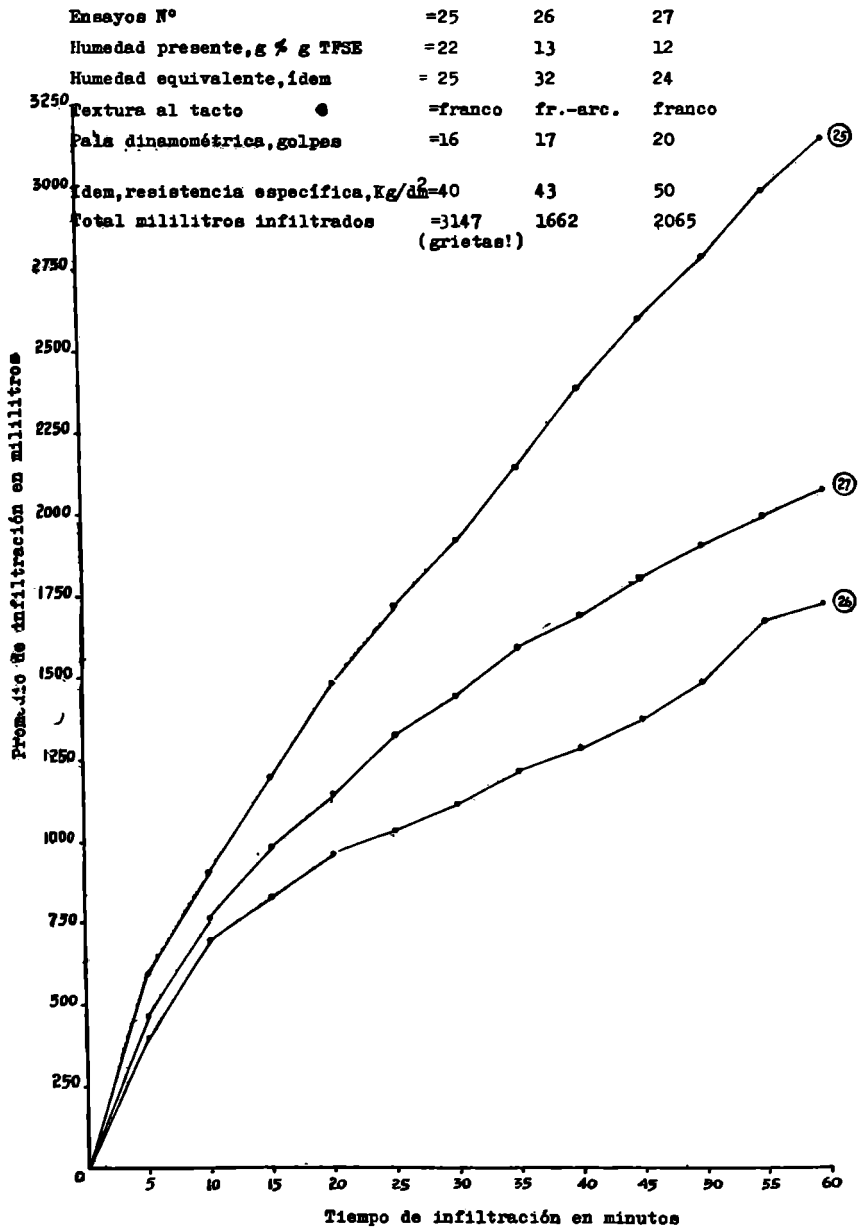
GRAFICA N° 8

Curvas de permeabilidad correspondientes a los ensayos n° 21, 22, 23 y 24 (Cereales)



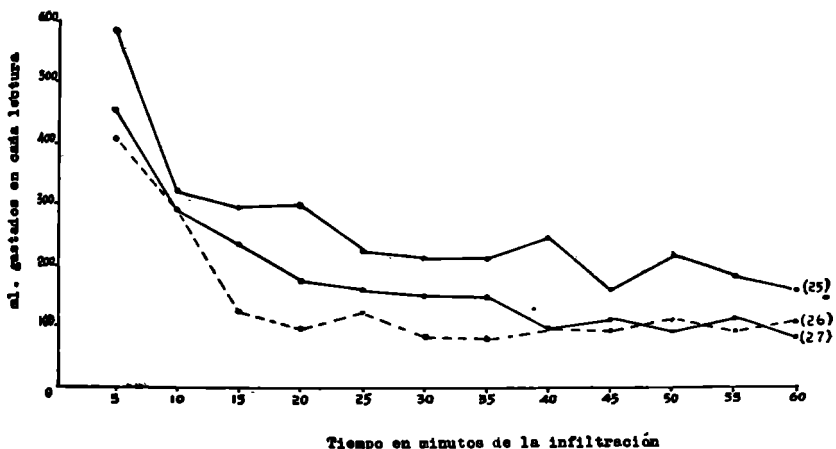
GRAFICA Nº 9

Curvas de permeabilidad correspondientes a los ensayos nº 25, 26 y 27 (Fruticultura II)



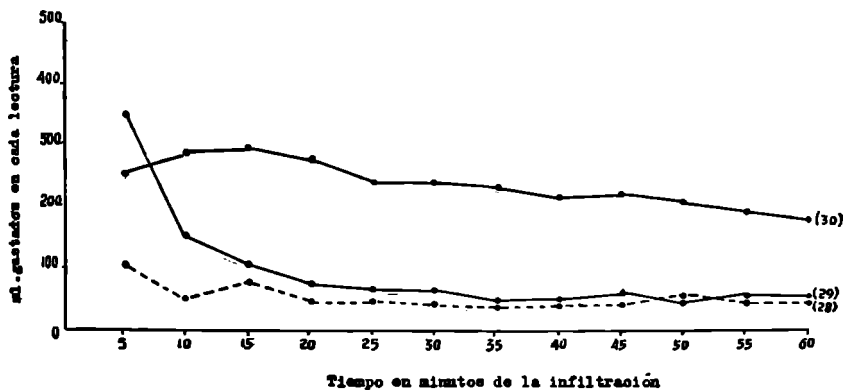
GRAFICA N° 9a

Marcha de la permeabilidad durante los ensayos n° 25, 26 y 27 (Fruticultura II)



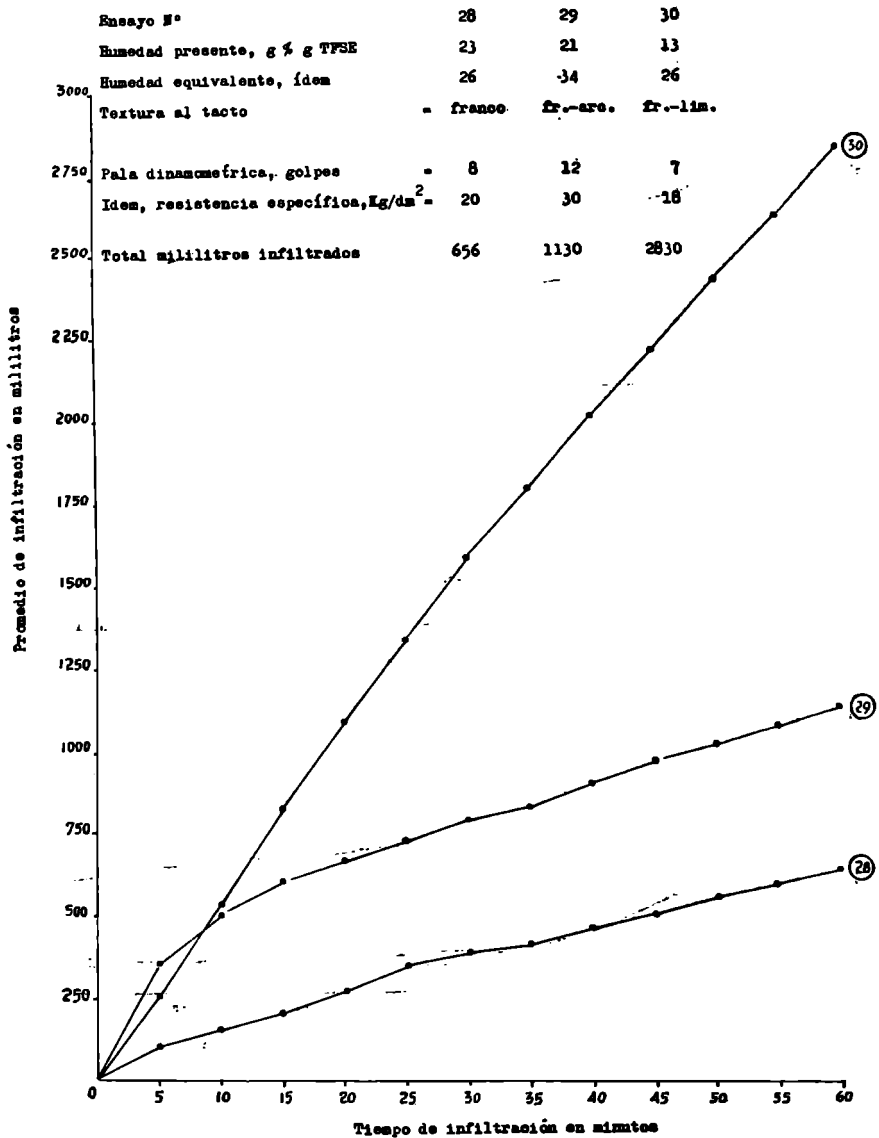
GRAFICA N° 10a

Marcha de la permeabilidad durante los ensayos n° 28, 29 y 30 (Fruticultura III)



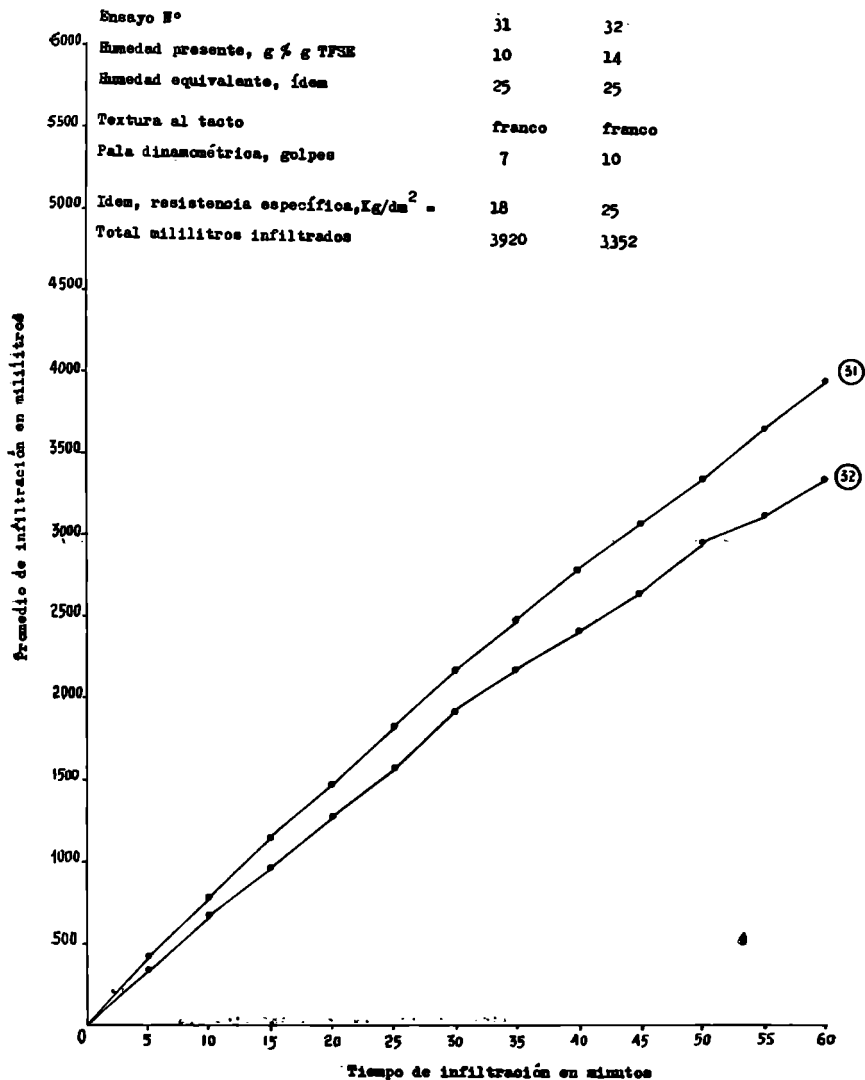
## GRAFICA Nº 10

Curvas de permeabilidad correspondientes a los ensayos nº 28, 29 y 30 (Fruticultura III)



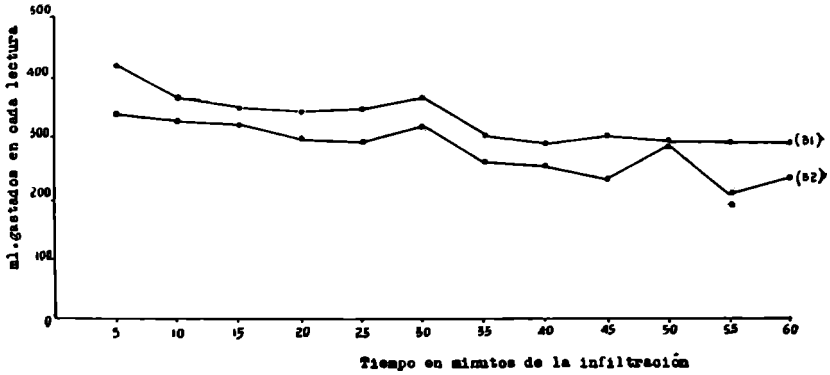
GRAFICA N° 11

Curvas de permeabilidad correspondientes a los ensayos n° 31 y 32  
(Fruticultura IV)



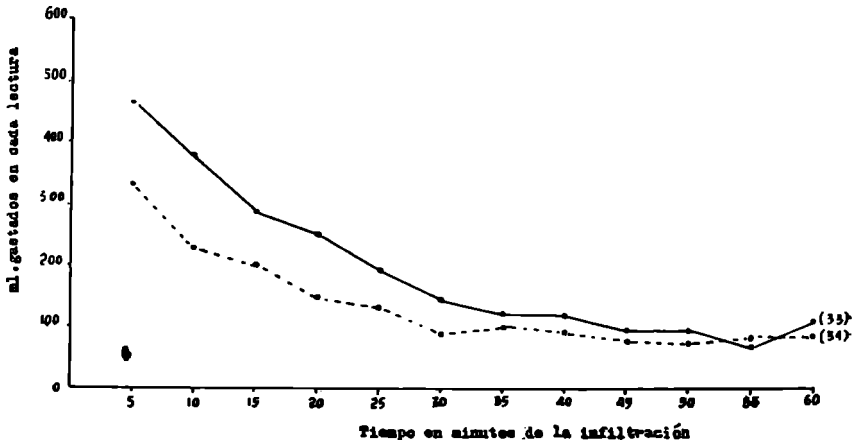
GRAFICA N° 11 a

Marcha de la permeabilidad durante los ensayos n° 31 y 32 (Fruticultura IV)



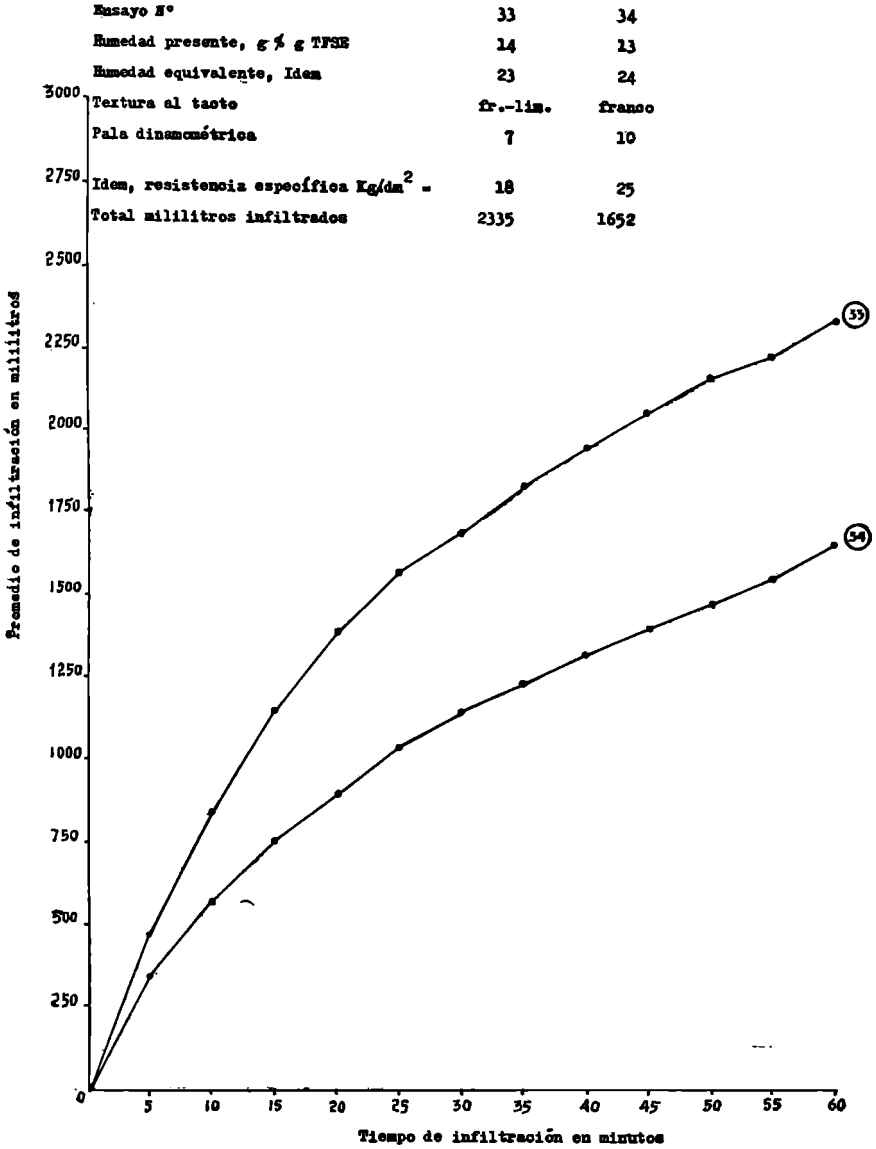
GRAFICA N° 12 a

Marcha de la permeabilidad durante los ensayos n° 33 y 34 (Fruticultura V)



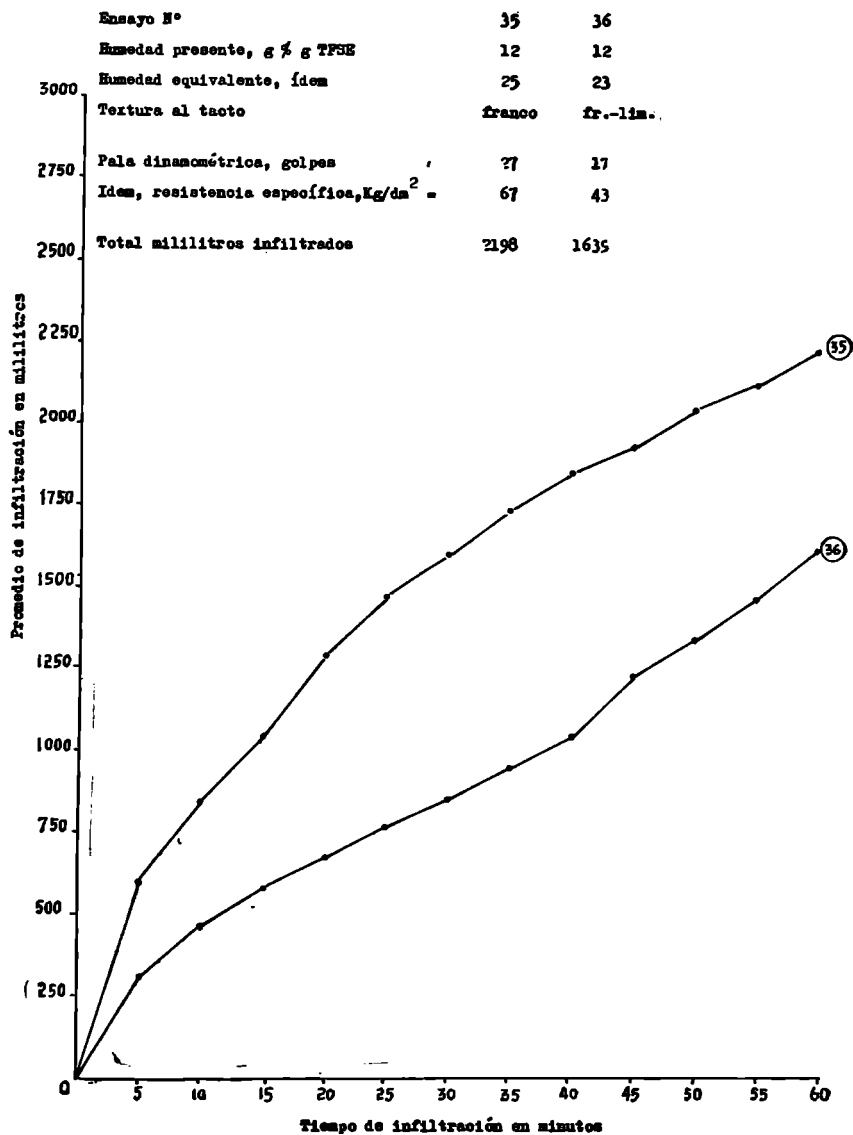
GRAFICA N° 12

Curvas de permeabilidad correspondientes a los ensayos n° 33 y 34  
(Fruticultura V)



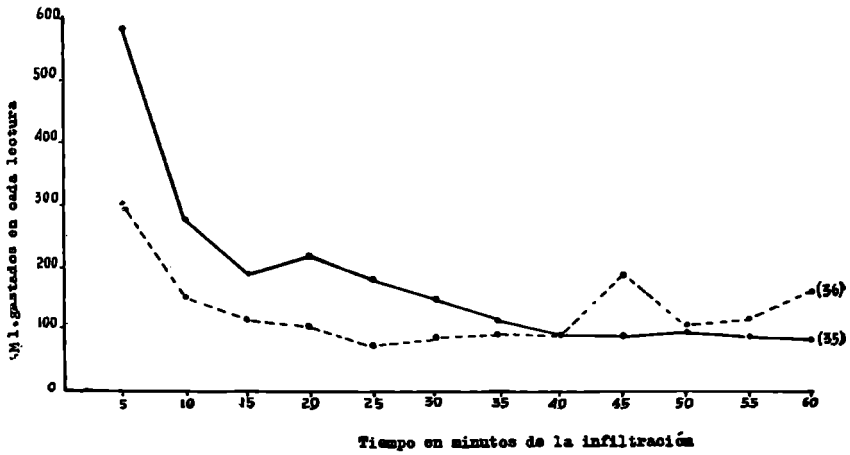
GRAFICA N° 13

Curvas de permeabilidad correspondientes a los ensayos n° 35 y 36 (Fruticultura IV)



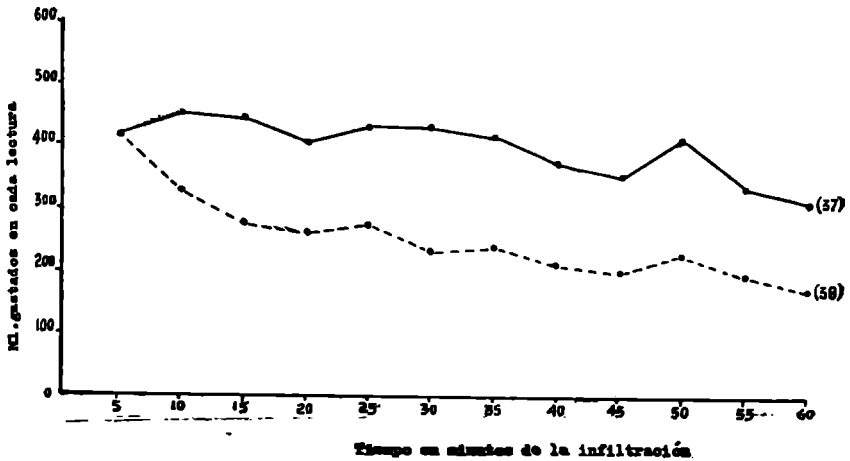
GRAFICA N° 13a

Marcha de la permeabilidad durante los ensayos n° 35 y 36 (Fruticultura VI)



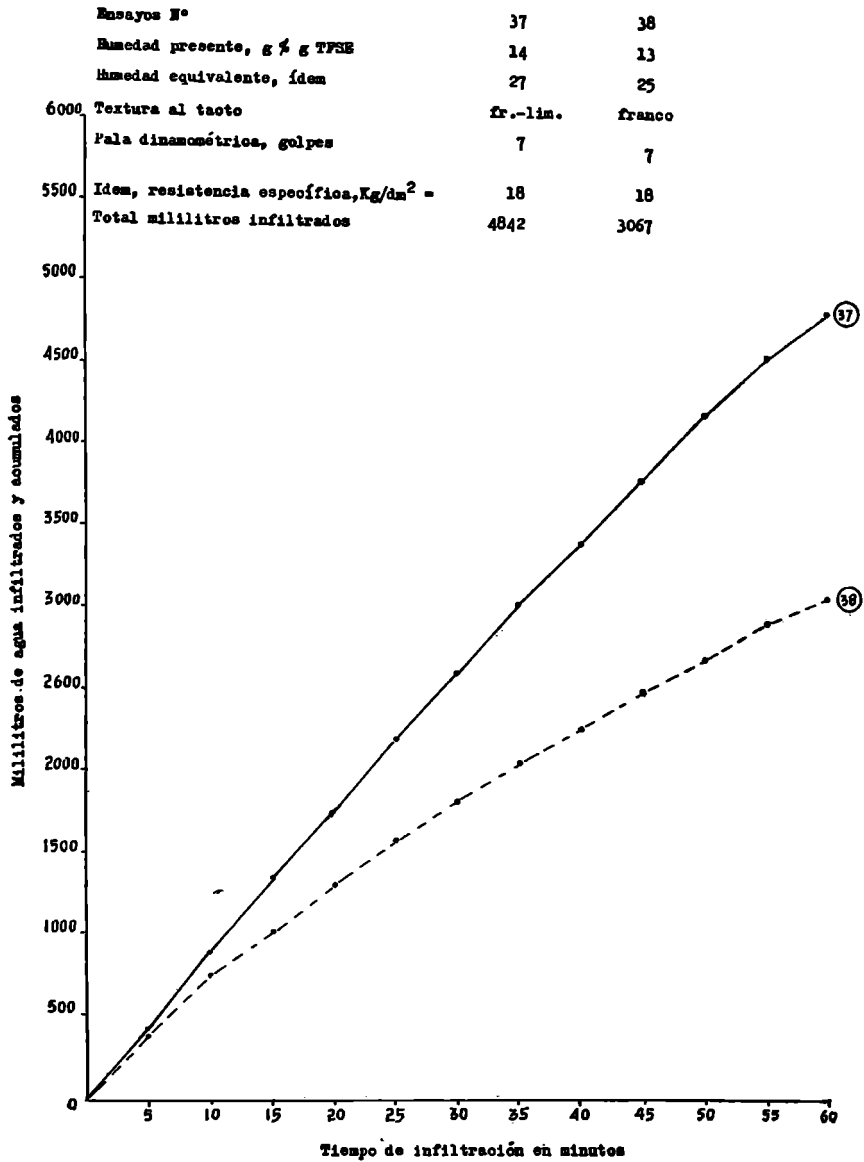
GRAFICA N° 14a

Marcha de la permeabilidad durante los ensayos n° 37-38 (Horticultura I)



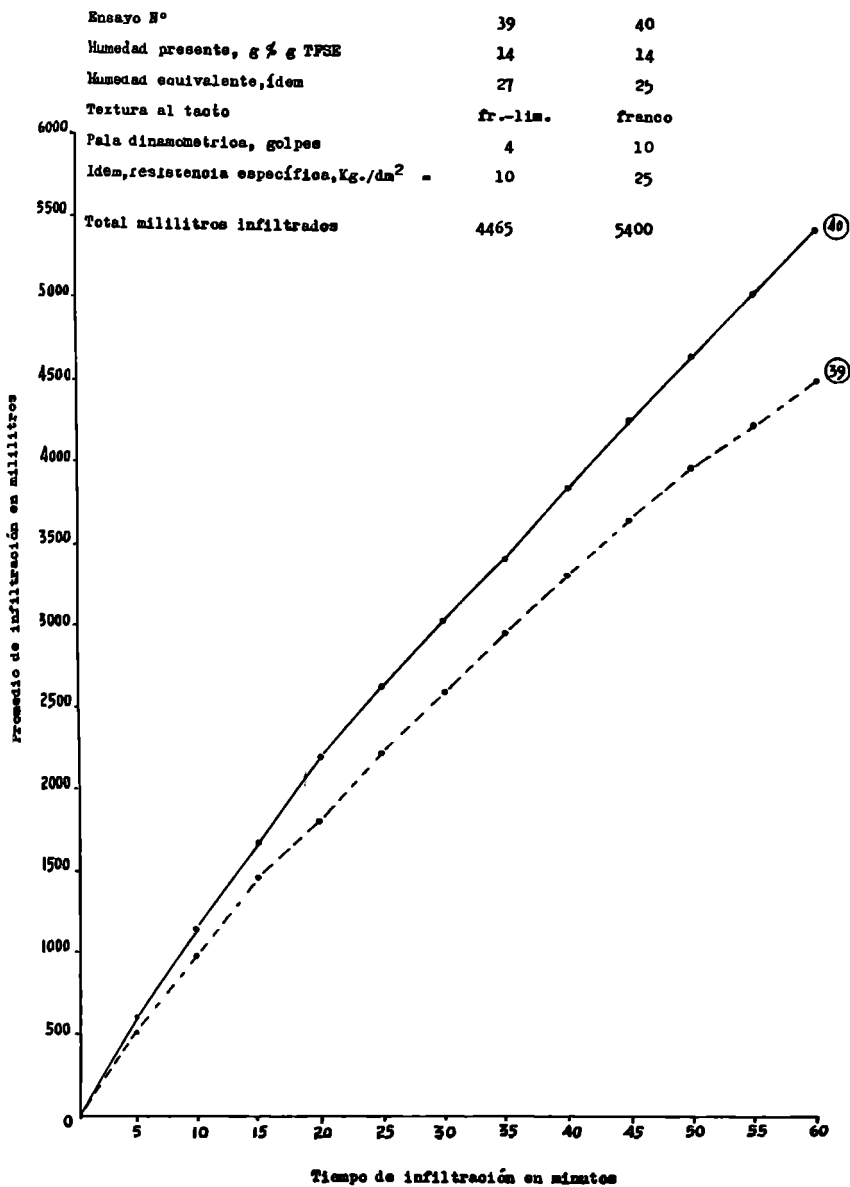
## GRAFICA Nº 14

Curvas de permeabilidad correspondientes a los ensayos nº 37 y 38 (Horticultura I)



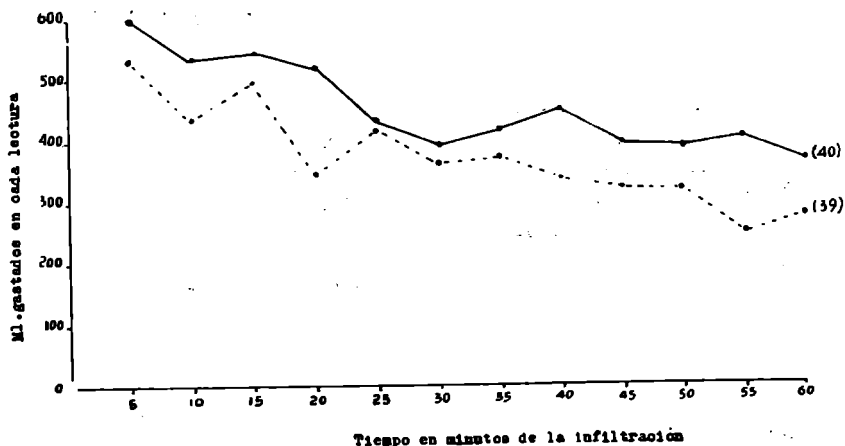
GRAFICA N° 15

Curvas de permeabilidad correspondientes a los ensayos n° 39 y 40 (Horticultura II)



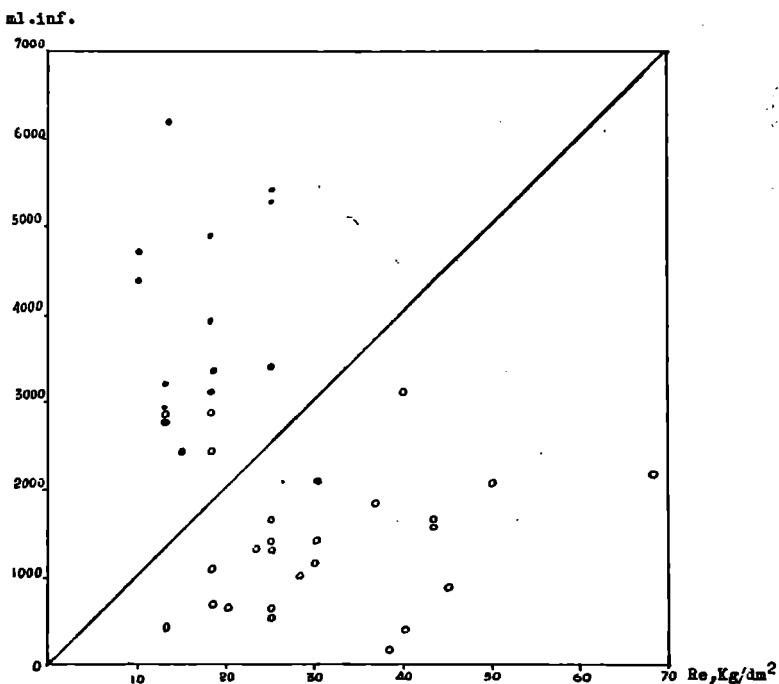
GRAFICA N° 15a

Marcha de la permeabilidad durante los ensayos n° 39 y 40 (Horticultura II)



GRAFICA N° 16

Correlación entre Dinamometría y permeabilidad (Diagrama en puntos)

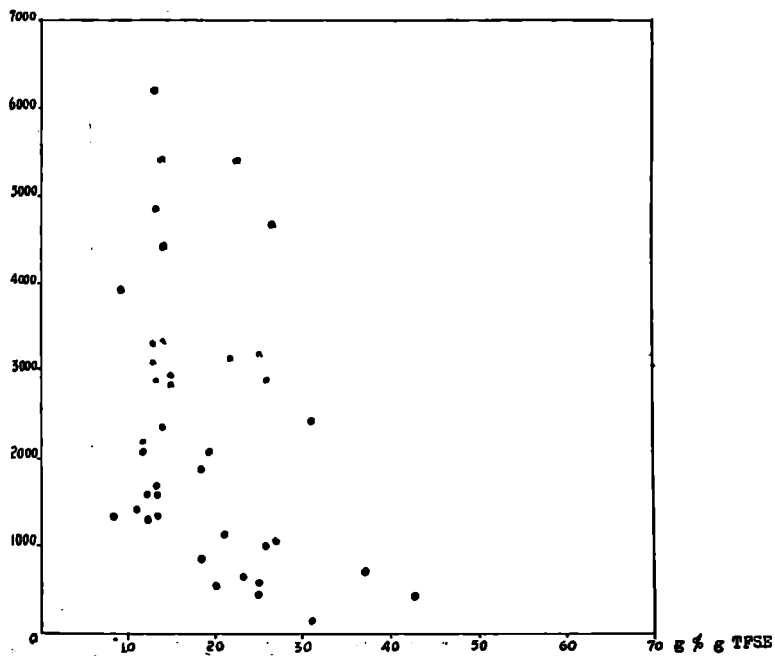


**Observación:** Los puntos llenos (.) corresponden a las secciones con promedios altos de infiltración (rayadas en el plano acotado); los puntos vacíos (°) a las secciones en blanco (promedios bajos).-

**GRAFICA N° 17**

**Correlación entre humedad presente y permeabilidad (Diagrama en puntos)**

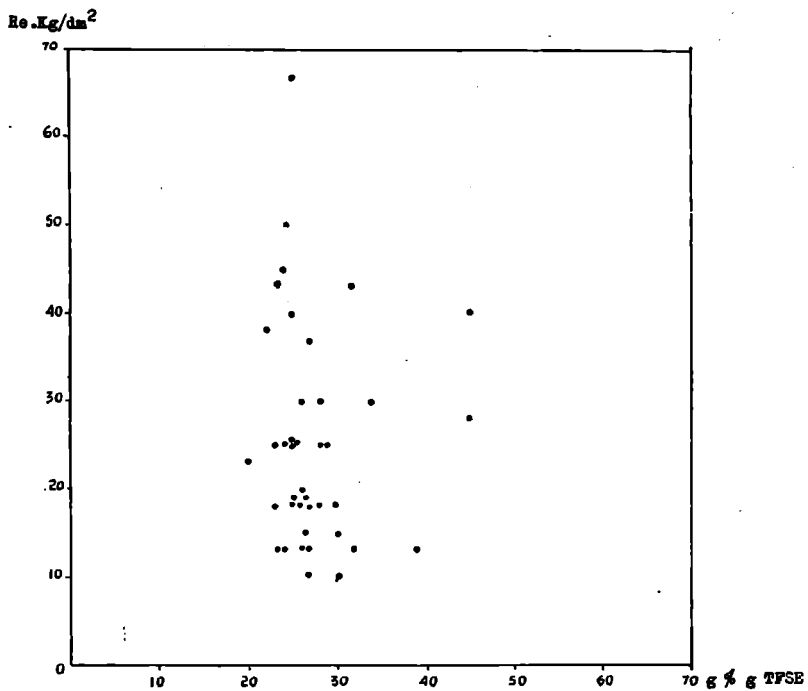
ml.inf.





GRAFICA N° 19

Correlación entre humedad equivalente y Dinamometría (Diagrama de puntos)



GRAFICA N° 20

Correlación entre humedad equivalente y permeabilidad (Diagrama en puntos)

