

BOLETIN TECNICO N.º 6
SEPTIEMBRE 1967

CONSTANTES HIDROLOGICAS DE DOS SUELOS DE PRADERA DE COLONIA

J. J. BURGOS
W. CORSI



MINISTERIO DE GANADERIA Y AGRICULTURA
CENTRO DE INVESTIGACIONES AGRICOLAS "ALBERTO BOERGER"
LA ESTANZUELA - COLONIA - URUGUAY

BURGOS, J. J. y CORSI, W. C. — Constantes hidrológicas de dos suelos de pradera de Colonia. La Estanzuela, Uruguay, Centro de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boerger". Boletín Técnico N° 6. 1967.

RESUMEN ANALITICO

Se investigan aquellas constantes físicas para dos suelos de La Estanzuela (pradera parda y pradera sobre loess pampeano) que tienen relación con la disponibilidad de agua para las plantas.

Los métodos de campo, es decir, aquellos en los cuales no se altera la composición natural del suelo, son los que dieron mejor resultado.

Los valores de densidad aparente en ambos suelos están comprendidos entre 1,28 y 1,50 g.cm⁻³. La zona diferencial de mayor retención de agua en pradera negra con respecto a pradera parda está en los primeros 40 cm. de profundidad. La capacidad de almacenaje de agua disponible es de 171 mm. en pradera parda y 163 mm. en pradera negra considerando el primer metro de profundidad.

BURGOS, J. J. y CORSI, W. C. — Hydrological constants of two Colonia prairie soils. La Estanzuela, Uruguay, Centro de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boerger". Boletín Técnico N° 6. 1967.

SYNOPSIS

This study deals with the physical constants of two soils at La Estanzuela (brown prairie and black prairie on pampean loess) in relation to water availability to plants.

Methods used under field conditions are better than laboratory ones.

The bulk density range from 1,28 to 1,50 cm.⁻³ in both soils. The differential zone is located in the first 40 cm. of depth from a stand point of soil moisture availability. The water holding capacity is 171 mm. brown prairie, and 163 mm. black prairie, in the first meter of depth.

FE DE ERRATA

<u>Página</u>	<u>Dice</u>	<u>Debe decir</u>
Resumen Analitico	pradera sobre	pradera negra sobre
4	panpenana	pampeana
7	Arcillo limoso	Arcillo. limoso
	pesado	medio pesado
12	para	por
18	CM	PMP
20	marcitez	marchitez

CONSTANTES HIDROLOGICAS DE DOS SUELOS DE PRADERA DE COLONIA *

Juan J. Burgos
Walter Corsi **

RESUMEN ANALITICO

Se investigan aquellas constantes físicas para dos suelos de La Estanzuela (pradera parda y pradera negra sobre loess pampeano) que tienen relación con la disponibilidad de agua para las plantas.

Los métodos de campo, es decir, aquellos en los cuales no se altera la composición natural del suelo, son los que dieron mejor resultado.

Los valores de densidad aparente en ambos suelos están comprendidos entre 1,28 y 1,50 g.cm⁻³. La zona diferencial de mayor retención de agua en pradera negra con respecto a pradera parda está en los primeros 40 cm. de profundidad. La capacidad de almacenaje de agua disponible es de 171 mm. en pradera parda y 163 mm. en pradera negra considerando el primer metro de profundidad.

SYNOPSIS

This study deals with the physical constants of two soils at La Estanzuela (brown prairie and black prairie on pampean loess) in relation to water availability to plants.

Methods used under field conditions are better than laboratory ones.

The bulk density range from 1,28 to 1,50 cm.⁻³ in both soils. The differential zone is located in the first 40 cm. of depth from a stand point of soil moisture availability. The water holding capacity is 171 mm. brown prairie, and 163 mm. black prairie, in the first meter of depth.

* Recibido para su publicación en febrero de 1967.

** Consultor del Programa de Agroclimatología del Centro y Técnico del mismo Programa, respectivamente.

INTRODUCCION

El conocimiento de la hidrología del suelo es de gran importancia en el desarrollo de las técnicas para promover su producción sin comprometer su conservación. El almacenaje de agua en la zona de aereación constituye el elemento fundamental del balance de agua, para determinar la fertilidad y productividad del suelo. Por esta razón hasta el presente son muchos los sistemas teóricos o empíricos que se han propuesto para estimar el almacenaje de agua en el suelo, así como las técnicas y dispositivos que permiten observar con exactitud sus variaciones en el espacio y en el tiempo.

Con el objeto de operar en el balance de agua con valores de una misma unidad, cada vez es más usual expresar la cantidad de agua almacenada en el suelo con las mismas unidades que se mide la precipitación y la evaporación. Es decir, en espesor o altura de lámina de agua en milímetros, centímetros o pulgadas. Para convertir los valores de humedad del suelo obtenidos del análisis gravimétrico en valores volumétricos, como son los que se necesitan para operar con el balance de agua, se debe elegir un método que de la mejor estimación de la densidad aparente. Por otra parte se deben estimar correctamente los valores de agua disponible para las plantas. La determinación del límite inferior de éste, o sea el punto de marchitez permanente, no constituye un problema tan complejo como la del máximo contenido de agua que puede ser retenido por el suelo en condiciones naturales.

Por las razones apuntadas, se considera que todo estudio hidrológico del suelo debe estar precedido por la determinación de sus constantes hidrológicas que luego servirán como puntos de referencia de su balance.

Si bien se han publicado algunos valores aislados sobre constantes hidrológicas de suelos de la región pampeana argentina (1), que en ciertos aspectos resultan comparables a algunos tipos de los del Uruguay, la circunstancia de ser necesarios para estimar el balance de agua de La Estanzuela condujo al Programa de Agroclimatología a realizar este trabajo cuyo objeto, más que un análisis crítico de métodos, ha sido la determinación de dichas constantes.

Descripción Corográfica

La región del departamento de Colonia, donde se realizó este trabajo, posee suelos que, como gran parte de los de la región pampeana derivan de sedimentos loésicos. La influencia del clima y

de la vegetación natural ha tenido una gran influencia en su formación. El clima puede considerarse subtropical templado, por la influencia oceánica y de la latitud en que se encuentra la región, con un régimen de precipitaciones que se aproxima a la distribución de la evapotranspiración potencial. Es decir, con un valor máximo en verano y un mínimo en invierno, como ocurre en las regiones orientales de los continentes, entre latitudes subtropicales. No obstante esta coincidencia y que el valor total de las precipitaciones aumenta hacia el este, en toda la región se registran períodos alternados de sequía y de exceso de agua, los primeros generalmente en verano y los segundos en invierno. Por esta razón, la región en que se ha desarrollado este trabajo tiene un clima subhúmedo húmedo como el de la región pampeana oriental.

La vegetación natural es herbácea, con predominio de gramíneas anuales y perennes; como formación fisionómica se diferencia de la estepa porque carece del descanso periódico invernal, pero tampoco puede definirse desde el punto de vista geobotánico como pradera permanente por las interrupciones ocasionales debidas a sequías y heladas. De este modo y dada la escasez de especies freatófitas, la zona de penetración de las raíces es relativamente superficial y el aporte de materia orgánica no muy considerable.

Las características de la vegetación y de balance de agua, así como el material madre del suelo, determinan que la mayor parte de los suelos correspondan al grupo de los suelos pardos o negros de pradera y que algunos autores hayan señalado para una parte de ellos, su analogía con los suelos "chernozem" o negros de estepa (*). Sin embargo, la falta de un período invernal de congelación del suelo, que impida la infiltración y la lixiviación del exceso de agua de la estación, a medida que se producen las precipitaciones, y la actividad evaporante del suelo aún en invierno, son probablemente causas importantes, por las cuales los suelos referidos se distinguen de los negros o "chernozem" típicos. En ellos, la mayor lixiviación y actividad evaporante determinan horizontes superficiales no tan ricos en materia orgánica y en carbonatos, como en los suelos de estepa.

Por lo dicho anteriormente, en la región estudiada, los suelos de pradera parda y pradera negra, estos últimos más similares al "chernozem" típico, son bastante frecuentes y pueden considerarse entre los más representativos y fértiles.

* Los suelos de pradera son equivalentes a los "brunizem" o "chernozem" utilizados en otras clasificaciones genéticas de suelos.

MATERIALES Y METODOS

El material utilizado en este trabajo se obtuvo de dos parcelas ubicadas en el campo experimental del Centro de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boerger", La Estanzuela. Corresponden a suelos de pradera parda y pradera negra sobre loess pampeano que ocupan además un 35 % de los suelos del Departamento de Colonia y buena parte del área del CENTRO. Tienen como características comunes, un horizonte B textural bien desarrollado, textura pesada a algo pesada; permeabilidad lenta a moderada y están en laderas con un 2 a 3 % de pendiente. La vegetación que cubre las parcelas de donde se tomaron las muestras está formada principalmente por gramíneas y desde hace por lo menos 5 años no se han efectuado labores en el suelo. La descripción de los suelos de donde se tomaron las muestras puede verse en el Cuadro N° 1.

Se debe hacer notar aquí, sin embargo, que los suelos designados como pradera negra no constituyen un ejemplo típico de éstos, pues el color del mismo si bien es más oscuro que el de pradera parda no llega a la intensidad de las típicas praderas negras. Por otra parte la distribución de la textura con la profundidad, lo ubica en una posición intermedia entre pradera parda y negra.

Los valores climatológicos normales se encuentran en el Cuadro N° 2 y los correspondientes al balance de agua se ilustran en la Figura N° 1. Para estimar estos últimos hemos utilizado el método de Thornthwaite y Mather (6).

La validez de los métodos de laboratorio y de campo utilizados en este trabajo es actual, frente a otras técnicas más modernas en auge, si se considera que éstas se encuentran aún en la etapa de desarrollo y que en definitiva deben ser controlados por aquellos (2, 3). Tal es el caso del uso de las membranas de presión, para establecer el estado de energía del agua del suelo y de la dispersión de neutrones y emisión de rayos gama, para determinar el contenido de humedad y la densidad aparente del suelo.

Densidad aparente

La densidad aparente, de múltiple uso en problemas de física del suelo, fue necesaria aquí para expresar en milímetros el contenido de agua del suelo a partir del valor porcentual gravimétrico. Se emplea para ello la siguiente fórmula:

$$\text{milímetros de agua} = \frac{\text{humedad \%} \times \text{densidad ap.} \times \text{profundidad (cm.)}}{10}$$

CUADRO N° 1 — Descripción de los perfiles

PRADERA PARDA			
Profundidad (cm)	Color	Textura	Observaciones
0 - 35	10 YR 2/2	Franco limoso	
35 - 40	10 YR 2/1,5	Franco limoso	Transición
40 - 55	10 YR 3/2	Franco arcillo limoso mediano	Leve moteado rojizo
55 - 70	10 YR 3/2	Arcillo limoso mediano	Moteado rojizo más fuerte trans. gradual
70 - 90	7,5 YR 3/2	Arcillo limoso mediano	
90 +	7,5 YR 4/2	Arcillo limoso	Con Co ³ Ca
PRADERA NEGRA			
Profundidad (cm)	Color	Textura	Observaciones
0 - 20	10 YR 2/2	Franco limoso	
20 - 30	10 YR 2/2	Franco limoso medio pesado	
30 - 40	10 YR 2/1,75	Arcillo limoso medio pesado	
40 - 50	10 YR 2/2	Arcillo limoso medio pesado	
50 - 60	10 YR 3/2 10 YR 2/2	mezcla Arcillo limoso medio pesado	Transición gradual
60 - 70	10 YR 3/2 10 YR 2/2	mezcla Arcillo limoso pesado	
70 - 80	10 YR 3/2		Leve moteado rojizo
80 +	7,5 YR 4/2	Arcillo limoso	Concreciones de calcio

CUADRO N° 2 — Cuadro climático para el Centro de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boerger"
 La Estanzuela — Colonia — Uruguay — 1931-1960.
 Latitud 34°20'S Longitud 57°44' W

Temperatura							
Mes	Media diaria	Amp. media diaria	Extremos		Presión de vapor media mb.	Precipit. media mm.	Precipit. máx. 24 hrs. mm.
			superior	inferior			
Enero	23.5	12.7	43.0	8.0	18.4	103.8	133.1
Febrero	22.8	11.8	41.3	9.0	18.5	84.3	105.0
Febrero	20.8	10.6	39.6	7.0	17.7	129.8	132.5
Abril	16.8	9.8	33.8	1.2	14.3	110.3	143.1
Mayo	13.9	8.8	33.0	-1.2	12.5	96.0	193.7
Junio	11.3	7.8	27.0	-3.8	11.1	81.4	68.5
Julio	10.7	8.1	26.8	-3.9	10.5	65.3	75.5
Agosto	11.5	9.0	30.4	-2.0	10.5	85.9	96.3
Setiembre	13.3	9.7	32.4	0.2	11.5	86.3	87.5
Octubre	16.0	10.5	35.0	1.0	13.8	94.0	110.6
Noviembre	18.8	11.8	38.7	3.4	15.4	94.5	148.0
Diciembre	21.8	12.8	40.2	5.4	16.7	75.5	77.0
Año	16.8	10.3	43.0	-3.9	14.3	1107.1	193.7

M e s	Número de días con precipitación (1)	Nubosidad media (2)	Evapotransp. Potencial	Evapotransp. Real	Déficit de humedad	Exceso de humedad
Enero	241	4	135	131	4	—
Febrero	199	4	109	104	5	—
Marzo	256	4	95	95	—	—
Abril	225	4	56	56	—	—
Mayo	224	5	41	41	—	55
Junio	235	6	25	25	—	56
Julio	219	5	24	24	—	41
Agosto	217	5	29	29	—	57
Setiembre	218	5	42	42	—	44
Octubre	239	5	64	64	—	30
Noviembre	224	4	87	87	—	8
Diciembre	226	4	119	117	2	—
Año	227	5	826	815	11	291

(1) En 30 años

(2) En 10/10

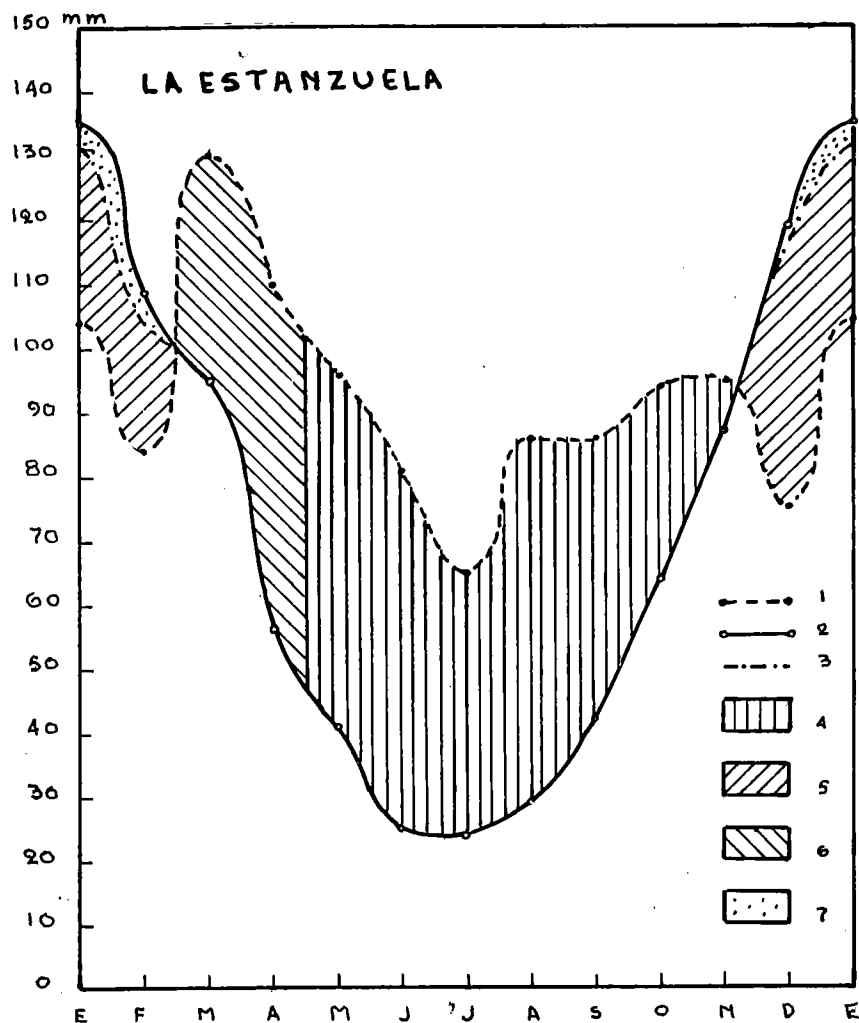


Figura N° 1. Balance hidrológico

1. Precipitación
2. Evapotranspiración potencial
3. Evapotranspiración real
4. Exceso de agua
5. Utilización de agua
6. Recuperación de agua
7. Déficit de agua

Las determinaciones se efectuaron por el método del terrón parafinado. Se siguió la técnica de Shaw (4) que fundamentalmente consiste en impermeabilizar un terrón por inmersión en parafina caliente y medir su volumen por desplazamiento de agua. Los resultados pueden verse en el Cuadro N° 3.

CUADRO N° 3 — Densidad aparente en suelos de La Estanzuela por el método del terrón parafinado.

Profundidad	Pradera Parda				Pradera Negra			
	gm cm ⁻³	DT	ES	CV%	gm cm ⁻³	DT	ES	CV%
10	1.54	0.04	0.02	2.8	1.54	0.03	0.01	2.12
30	1.53	0.03	0.01	2.0	1.63	0.03	0.01	1.72
50	1.59	0.06	0.02	3.9	1.73	0.03	0.01	1.55
70	1.71	0.05	0.02	2.8	1.69	0.01	0.01	0.87

También se efectuaron determinaciones de densidad aparente empleando un cilindro de acero inoxidable de 250 cm³ de volumen. La condición necesaria para operar con este tipo de dispositivo es reducir al mínimo la compactación de la columna de suelo, dentro del cilindro. Así, con un cilindro de 72 mm. de diámetro y 61,5 mm. de altura se obtuvieron los resultados que pueden verse en el Cuadro N° 4, y Figura N° 2.

CUADRO N° 4 — Densidad aparente en suelos de La Estanzuela por el método del cilindro de acero.

Profundidad	Pradera Parda				Pradera Negra			
	gm cm ⁻³	DT	ES	CV%	gm cm ⁻³	DT	ES	CV%
10	1.28	0.02	0.01	1.28	1.35	0.03	0.01	2.7
30	1.32	0.05	0.02	3.79	1.32	0.04	0.02	3.4
50	1.40	0.02	0.01	1.29	1.43	0.03	0.01	2.4
70	1.42	0.01	0.01	1.06	1.50	0.03	0.01	1.7

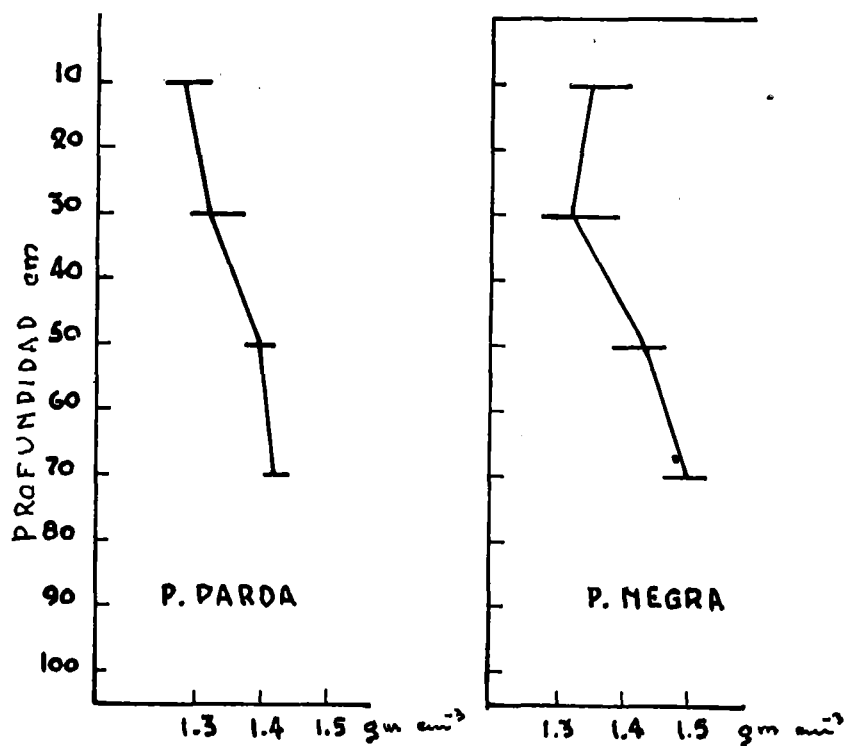


Figura N° 2. Densidad aparente obtenida con cilindro de acero

Los valores obtenidos por ambos métodos representan el promedio de 6 muestras para cada profundidad. La naturaleza casi uniforme de los diferentes horizontes, permitió limitar el análisis de esta constante a las profundidades representativas de 10, 30, 50 y 70 cms. Por determinaciones previas se pudo eliminar dispositivos que evidenciaron compactación de la muestra. Tal fue el caso del cilindro "Uhland" norteamericano y de otro cilindro muestreador que tenía mayor altura que el empleado en definitiva.

Observando los valores obtenidos se comprueba para pradera parda, un aumento de la densidad aparente con la profundidad. Además existe una mayor uniformidad en pradera negra para los valores menores de desviación standard, error standard y coeficiente de variación. Los valores de densidad aparente hallados por el método del terrón parafinado son mas altos para los suelos considerados. En la bibliografía sobre el tema no se encuentran dichas magnitudes. Esto,

unido a lo engorroso de la técnica, no hace aconsejable el uso del método del terrón parafinado en determinaciones de densidad aparente. Los valores medios hallados con el cilindro muestran, para ambos suelos, el mismo aumento de la densidad aparente con la profundidad, pero las magnitudes son notablemente menores que las obtenidas con el terrón parafinado. Aquí, a pesar del inevitable error de compactación del suelo, este resulta de menor magnitud que los que inciden en los valores obtenidos con el terrón parafinado.

Capacidad de Campo

La cantidad de agua retenida en el suelo, luego de haberse saturado y drenado el exceso, se conoce como capacidad de campo. Esto ocurre generalmente a los 2 ó 3 días, luego de una lluvia o de haber humedecido artificialmente el suelo, período éste que es menor en suelos de textura gruesa y mayor en los de textura fina.

Las determinaciones realizadas empleando muestras de suelo cuya estructura natural se alteraba por procesos de laboratorio no dieron resultados satisfactorios. Los valores obtenidos fueron excesivamente altos, 527,8 y 573,6 mm. en el metro de profundidad para pradera parda y pradera negra respectivamente. Los valores correspondientes empleando métodos de campo fueron 406,6 y 416,4 mm. La razón está en que al triturar las muestras de suelo se rompen los agregados naturales. Así se ofrece una superficie de contacto con el agua mucho mayor y se retiene no sólo el agua capilar, sino también la de absorción y de expansión de los coloides, abundantes en este tipo de suelo. Por otra parte, los valores de capacidad de campo resultan aún de los más elevados que se mencionan para este tipo de suelos en la bibliografía sobre el tema. Probablemente esto se deba a las características propias de estos suelos, derivados de su composición granulométrica.

Los métodos que han demostrado ser mejores fueron aquellos en los cuales no se alteraron las condiciones naturales del suelo. Es decir, humedecimiento natural luego de abundantes precipitaciones, o humedecimiento artificial mediante agregados sucesivos de agua, hasta el equivalente a una lluvia de 350 mm. (5). En ambos casos se cubrió la superficie de suelo, donde se iban a tomar las muestras, para evitar pérdidas por evaporación durante los días en que se produjo el escurrimiento del exceso de agua. Para las condiciones físicas de los suelos motivo del presente estudio, este período se estimó en 3 días. Las extracciones de muestras se efectuaron con taladro cada 10 cm. de profundidad hasta 1 metro, y la determinación de humedad se efectuó gravimétricamente, por secado en estufa, hasta peso constante.

Las muestras humedecidas naturalmente se analizaron durante el semestre excepcionalmente húmedo de julio a diciembre de 1963, luego de 13 lluvias particularmente abundantes, que pueden verse en el Cuadro N° 5, 6 y 7 y Figuras N° 3 y 4.

CUADRO N° 5 — Capacidad de campo. Método de Laboratorio

Profundidad	Pradera parda			Pradera negra		
	Humedad			Humedad		
	%	mm.	mm. acum.	%	mm.	mm. acum.
0-10	35.1	44.9	44.9	34.6	46.7	46.7
10-20	30.2	38.9	83.8	30.2	40.2	86.9
20-30	34.6	45.0	128.8	40.0	52.8	139.7
30-40	40.4	54.5	183.3	44.9	61.5	201.2
40-50	41.0	57.4	240.2	44.3	63.3	264.5
50-60	41.0	57.8	298.5	41.9	61.6	326.1
60-70	41.8	59.3	357.8	43.3	64.9	391.0
70-80	40.4	57.4	415.2	41.2	61.8	452.8
80-90	38.9	55.2	470.4	41.4	62.1	514.9
90-100	40.4	57.4	527.8	39.1	58.7	573.6

CUADRO N° 6 — Capacidad de campo. Método de campo con humedecimiento artificial.

Profundidad	Pradera parda			Pradera negra		
	Humedad			Humedad		
	%	mm.	mm. acum.	%	mm.	mm. acum.
0-10	30.9	39.5	39.5	28.7	38.7	38.7
10-20	29.6	38.2	77.7	28.2	37.5	76.2
20-30	30.6	39.8	117.5	31.6	41.7	117.9
30-40	29.8	40.2	157.7	31.0	42.5	160.4
40-50	28.7	40.2	197.9	31.1	44.5	204.9
50-60	32.8	46.2	244.1	28.6	42.0	246.9
60-70	31.4	44.0	288.7	29.2	43.8	290.7
70-80	29.1	41.3	330.0	27.8	41.7	332.4
80-90	26.7	37.9	367.9	26.8	40.2	372.6
90-100	26.2	37.2	405.1	23.3	34.9	407.5

CUADRO N° 7 — Capacidad de campo, método de humedecimiento natural por lluvias abundantes.

Prof.	Pradera parda			Pradera negra		
	Humed.			Humed.		
	%	mm.	mm. acum.	%	mm.	mm. acum.
0-10	31.7	40.7	40.7	28.7	38.7	38.7
10-20	28.5	36.8	77.5	29.0	38.6	77.3
20-30	30.4	39.5	117.0	32.8	43.3	120.6
30-40	28.5	38.4	155.1	33.2	45.5	166.1
40-50	30.8	43.5	198.9	31.3	44.7	210.8
50-60	31.2	44.3	243.2	29.5	43.4	254.2
60-70	30.0	42.9	286.1	28.5	42.7	296.9
70-80	29.0	41.6	327.7	28.0	42.0	338.9
80-90	28.1	39.9	367.6	26.5	39.8	378.7
90-100	27.4	39.9	406.6	25.1	37.7	416.4
0-100		406		416		
		16.8		16.8		
		4.7		4.7		
		4.13		4.13		
		25.1		25.1		
		7.0		7.0		
		6.03		6.03		

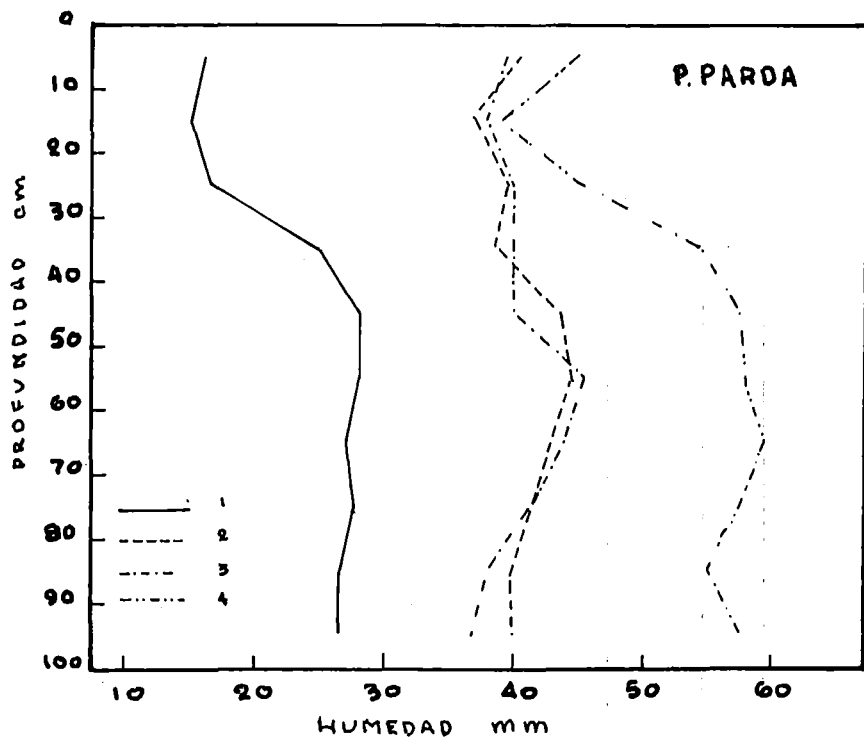


Figura N° 3. Constantes hidrológicas

1. P.M.P.
2. C.C. Método natural de campo
3. C.C. Método artificial
4. C.C. Método de laboratorio

Los valores medios de capacidad de campo por humedecimiento natural son similares a los obtenidos con una sola observación, por humedecimiento artificial y comentados anteriormente. Se nota en los parámetros de la dispersión, que el suelo de pradera negra es ligeramente más heterogéneo en este aspecto que el de pradera parda, y que el promedio de 13 observaciones individuales da una seguridad aproximada de ± 1 mm. en cada profundidad de 10 cm. en el 95 % de los casos. Para valores de lámina de agua total en 1 metro de suelo esa misma seguridad sería ± 10 mm. en pradera parda y

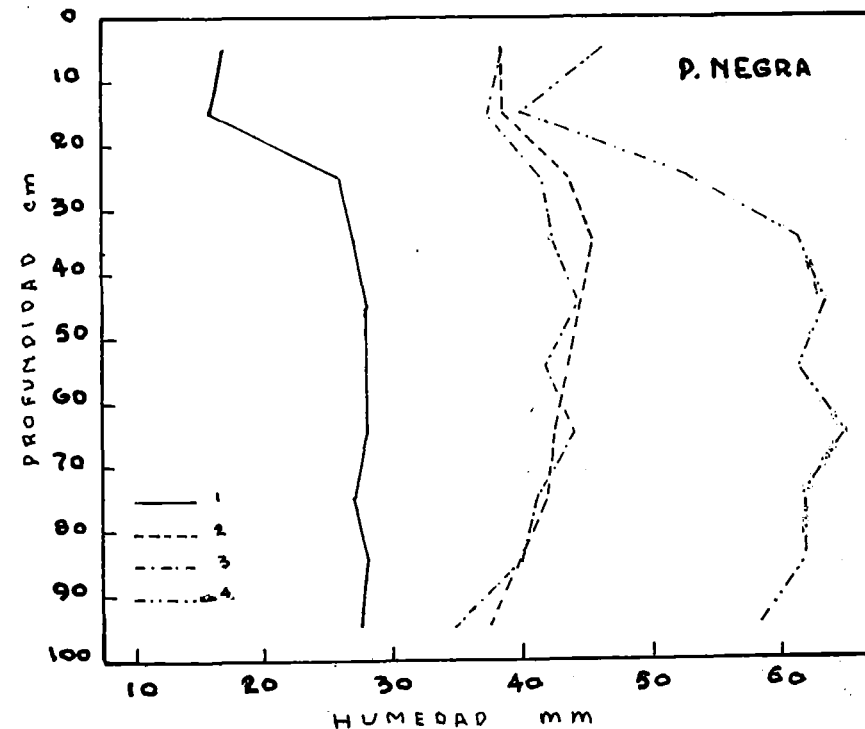


Figura N° 4. Constantes hidrológicas

1. P.M.P.
2. C.C. Método natural de campo
3. C.C. Método artificial
4. C.C. Método de laboratorio

± 13 mm. en pradera negra. Se puede notar que la zona diferencial de mayor retención de agua en la pradera negra con respecto a la pradera parda, está en los primeros 40 cm. de profundidad como puede observarse en la Figura N° 5 y Cuadro N° 8.

Punto de Marchitez Permanente

La cantidad de agua que hay en el suelo en el momento que las plantas se marchitan sin recuperarse, luego de exponerlas en un

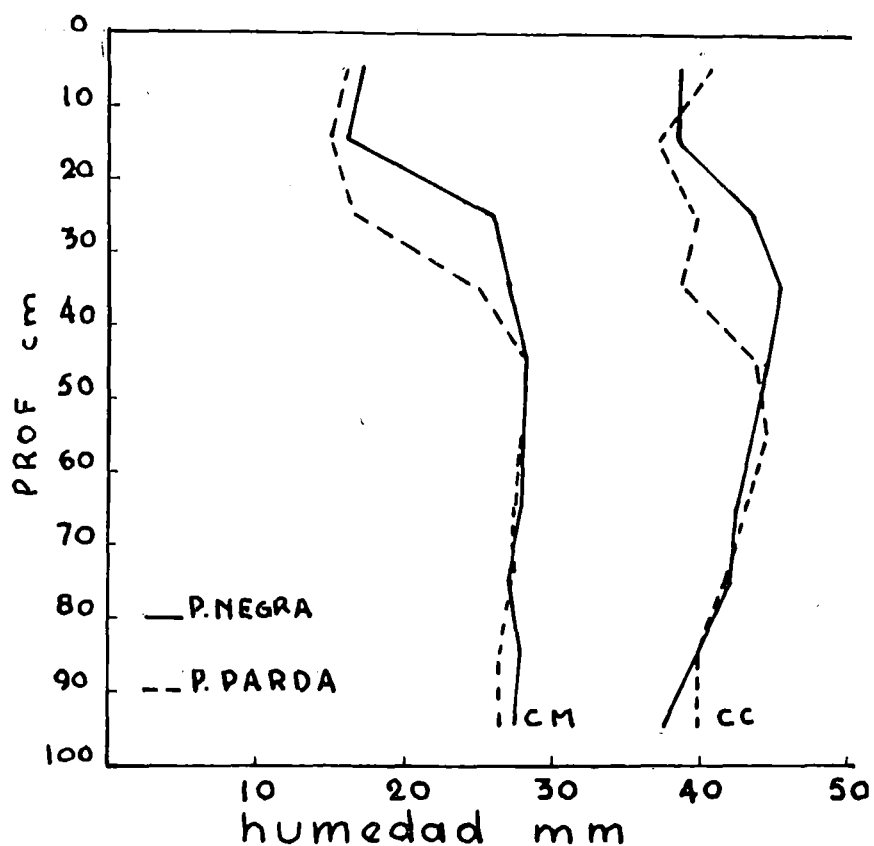


Figura N° 5. Agua disponible: límite inferior P.M.P.
límite superior C. C.

ambiente de aire saturado de humedad por un espacio de 24 horas, se denomina punto de marchitez permanente (P.M.P.). El agua útil constituye la que se encuentra encima de estos valores. La determinación de dicha constante se hizo con plantas de girasol según una técnica que da una buena estimación de límite inferior de agua contenida en el suelo que pueden aprovechar las plantas. Las muestras se tomaron cada 10 cm. hasta 1 m. de profundidad y las determinaciones de humedad se efectuaron en estufa hasta peso constante. Los valores representan el promedio de tres muestras. Ver Figura N° 3, 4 y 5 y Cuadro N° 9.

CUADRO N° 8 — Significado de las diferencias de promedios hallados de punto de marchitez permanente y capacidad de campo en suelo pradera parda y pradera negra según el análisis de variancia combinado (Valores expresados en mm. de agua cada 10 cm. de profundidad).

Profundidad cm.	Punto de marchitez permanente			Capacidad de campo		
	P. parda	P. negra	Dif.	P. parda	P. negra	Dif.
0-10	15,8 *	16,9	-1,1	40,7 *	38,7	+2,0
10-20	14,8 **	16,2	-1,4	36,8 *	38,6	-1,8
20-30	16,6 **	26,1	-9,5	39,5 **	43,3	-3,8
30-40	25,1 **	27,2	-2,1	38,4 **	45,5	-7,1
40-50	28,0	27,9	+0,1	43,5	44,7	-1,2
50-60	28,1	28,1	0,0	44,3	43,4	+0,9
60-70	27,3	27,9	-0,6	42,9	42,7	+0,2
70-80	27,5	27,2	+0,3	41,6	42,0	-0,4
80-90	26,4 **	28,1	-1,7	39,9	39,8	+0,1
90-100	26,4 *	27,7	-1,3	39,9 *	37,7	+2,2

* Significante al nivel de 5 % de probabilidad

** Significante al nivel de 1 % de probabilidad

La variabilidad de las muestras para la misma profundidad es baja. Considerando los valores de contenido de agua en milímetros, en las diferentes profundidades, se observa que el punto de marchitez permanente es algo mayor en la pradera negra, especialmente en las capas superficiales de suelo hasta 40 cm. de profundidad. Por debajo de los 40 cm. este valor es similar para ambos suelos, salvo en las profundidades 90 y 100 cm. por lo que aquella diferencia se traslada a los valores acumulados hasta 1 metro de profundidad con 236,0 mm. para pradera parda y 253,3 mm. para pradera negra (ver Figura N° 5 y Cuadro N° 8). Como en el caso de la capacidad de campo, por los valores de dispersión se nota una mayor heterogeneidad en las muestras de pradera negra. La precisión de los promedios obtenidos es muy variable según las profundidades en razón de haber operado con sólo 3 muestras. El intervalo de confianza del 95 % es para la pradera parda 236 ± 6 mm. y para la pradera negra 253 ± 7 mm. en el metro de profundidad.

CUADRO N° 9 — Humedad en punto de marchitez permanente.

Prof.	Pradera parda					Pradera negra						
	Humedad		Humedad			Humedad		Humedad				
	%	mm.	DT	ES	CV%	acum.	%	mm.	DT	ES	CV%	acum. mm.
0-10	12.4	15.8	0.17	0.10	1.07	15.8	12.5	16.9	0.60	0.35	3.50	16.9
10-20	11.9	14.8	0.41	0.24	2.77	30.6	12.2	16.2	0.07	0.04	0.43	33.1
20-30	12.7	16.6	0.67	0.39	4.16	47.2	19.8	26.1	0.50	0.29	1.91	59.2
30-40	18.6	25.1	0.41	0.24	1.60	72.3	19.5	27.2	0.68	0.40	2.50	86.4
40-50	20.0	28.0	0.71	0.41	2.50	100.5	19.5	27.9	0.87	0.51	0.87	114.8
50-60	19.9	28.1	0.16	0.09	0.57	128.4	19.0	28.1	1.10	0.65	1.10	142.4
60-70	19.2	27.3	0.84	0.49	3.08	155.7	18.6	27.9	1.00	0.59	3.58	170.3
70-80	19.3	27.5	0.41	0.24	1.49	183.2	18.1	27.2	0.46	0.27	1.69	197.5
80-90	18.5	26.4	0.58	0.34	2.20	209.6	19.0	28.1	1.03	0.61	3.67	225.6
90-100	18.6	26.4	0.07	0.04	0.26	236.0	18.5	27.7	1.46	0.86	5.27	253.3
0-100		236	5.28	3.05	2.24			253	6.76	3.90	2.67	

Con los valores obtenidos de capacidad de campo y humedad en el punto de marchitez permanente, se puede estimar la capacidad de agua útil para las plantas en los suelos estudiados. De los valores obtenidos resulta, que la pradera parda tendría 171,5 mm. y la pradera negra 163,1 mm. de agua útil en un metro de profundidad (ver Cuadro N° 10 y Figura N° 5). Esta diferencia depende de los valores algo más elevados de la humedad en el punto de marchitez permanente de la pradera negra que de la escasa diferencia entre ambos en sus capacidades de campo (ver Figura N° 5 y Cuadro N° 9).

CUADRO N° 10 — Capacidad de almacenaje de agua disponible en suelos de Colonia.

Profundidad (cm)	Pradera parda		Pradera negra	
	mm.	mm. accum.	mm.	mm. accum.
0-10	24.9	24.9	21.8	21.8
10-20	22.0	46.9	22.4	44.2
20-30	22.9	69.8	17.2	61.4
30-40	13.3	83.1	18.3	79.7
40-50	15.5	98.6	16.8	96.5
50-60	16.2	114.8	15.3	111.8
60-70	15.6	130.4	14.8	126.6
70-80	14.1	144.5	14.8	141.4
80-90	13.5	158.0	11.7	153.1
90-100	13.5	171.5	10.0	163.1

CONCLUSIONES

1. Los métodos de determinación de densidad aparente y capacidad de campo probados dieron mejor resultado cuando las muestras fueron menos disturbadas; por ello son más aconsejables para estos suelos los métodos de campo que los de laboratorio.

2. En los suelos estudiados, la densidad aparente aumentó con la profundidad.

3. El método para determinar la capacidad de campo propuesto por Shaw y definido aquí como artificial de campo, a pesar de haber sido ensayado una sola vez, dio valores similares a los que arrojó el método natural de campo, por lo que es aconsejable una mayor experimentación con él.

4. Los valores de capacidad de campo de los suelos de pradera parda y pradera negra sobre loess pampeano, son relativamente altos en relación a los contenidos normales de los suelos de pradera. Los resultados obtenidos fueron de 406 y 416 mm. para pradera parda y pradera negra respectivamente, en el metro de profundidad. Las diferencias de humedad de capacidad de campo entre 20 y 40 cm. son muy significativas y entre 0 y 20 y 90 y 100 son significativas. No hay diferencias apreciables entre 40 y 90 cm. en ambos suelos. La diferencia de 10 mm. de agua en el metro de profundidad es significativa estadísticamente aún cuando desde el punto de vista práctico es poco importante.

5. El punto de marchitez permanente del suelo de pradera parda y pradera negra sobre loess pampeano estudiado no resultó superior significativamente en pradera negra y se puede estimar comprendido entre los 236 y 253 mm. en el metro de profundidad. La diferencia entre pradera parda y pradera negra con respecto al P.M.P para las profundidades entre 10 y 40 cm. y entre 80 y 90 cm. son significantes al 1 % mientras que aquellas entre 0 y 10 y 90 y 100 cm. son significantes al 5 %. Otras profundidades no dieron diferencias significantes.

6. El agua útil en los suelos estudiados fue 171 mm. en pradera parda y 163 mm. en pradera negra, para el metro de profundidad.

7. Según los resultados obtenidos para cada profundidad de 10 cm. de suelo se obtuvieron los siguientes intervalos de confianza al nivel del 95 % y según el número de muestras utilizadas que se mencionan a continuación:

Densidad aparente	6 observaciones	valor medio \pm 0,2 a 0,3 g.cm. ⁻³
Cap. de campo	13 "	valor medio \pm 1,0 a 1,3 mm.
P. M. P.	3 "	valor medio \pm 0,6 a 0,7 mm.

8. Se estima que el uso de métodos con menor alteración de las muestras para el cálculo de la densidad aparente y el aumento del período de escurrimiento para la determinación de la capacidad de campo pueden modificar los resultados obtenidos en esta experiencia.

Reconocimientos

Se contó con las facilidades operativas del Programa de Suelos del CENTRO especialmente en cuanto al muestreo de suelos para las determinaciones de capacidad de campo y punto de marchitez permanente, así como también las determinaciones gravimétricas de de humedad de todas las muestras analizadas. Estas operaciones se realizaron bajo la responsabilidad inmediata de la Sra. Quím. Ind. V. Hermida de Ferreira y el asesoramiento del Ing. E. Reynaert. Los Ing. Agr. H. Da Silva y H. May proporcionaron la descripción de los perfiles de los suelos utilizados en la experiencia. A todos ellos se agradece su colaboración.

BIBLIOGRAFIA

1. BURGOS, J. J. y TSCHAPEK, M. Water storage in semi-arid soils. In Symposium on Climatology and Microclimatologie, Canberra, 1956. Proceedings. París, UNESCO, 1958 72-92. (Arid Zone Research, n° 11).
2. CHAHAL, R. S. y YONG, R. N. Soil water determination of characteristics. Soil Science. 99 (2): 98-103. 1965.
3. COPE, F. y TRICKETT, E. S. Measuring soil moisture. Soil and Fertilizers 28 (3): 201-208. 1965.
4. SHAW, C. F. A method for determining the volume weight of soil in field conditions. Journal of the American Society of Agronomy 9: 38-42. 1917 (Original no consultado; citado en Lyon, T. L. y Buckman, H. O. Edafología. Trad. de la 4ª ed. en inglés por V. S. Nicollier. Buenos Aires, Acmé, 1952. p. 48).
5. SHAW, R. H. y RUNKLES, J. R. Soil moisture and water utilization in Iowa. Agronomy Journal 48 (7): 313-318. 1956.
6. THORNTHWAITE, C. W. y MATHER, J. R. The water balance. Drexel Institute of Technology, Laboratory of Climatology. Publications in Climatology. v. 8, n° 1. 1955. 104 p.
7. UHLAND, R. E. Physical properties of soils as modified by crops and management. Soil Science Society of American Proceeding. 14: 361-366. 1949.
8. VEIHMEYER, F. J. y HENDRICKSON, A. H. Methods of measuring field capacity and permanent wilting percentage of soils. Soil Science 68 (1): 75-94. 1949.

