M.A.P.
dirección de suelos

CARACTERISTICAS FISICAS DE LOS PRINCIPALES SUELOS AGRICOLAS DE *CANELONES-MONTEVIDEO*. SU INTERPRETACION AGRONOMICA.

BOLETIN TECNICO Nº 8

PARTE II _ AGUA DISPONIBLE DEL SUELO

ISRIC LIBRARY
UY - 1982.01
Wageningen
The Netherlands

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA
DIRECCION DE SUELOS

ISRIC LIBRARY
U4
82.01
Wageningen, The Netherlands

CARACTERISTICAS FISICAS DE LOS PRINCIPALES SUELOS AGRICOLAS DE CANELONES - MONTEVIDEO

SU INTERPRETACION AGRONOMICA

PARTE II - AGUA DISPONIBLE DEL SUELO

ING AGR. JUAN CARLOS SGANGA

ING.AGR. ANA TERZAGHI

ABRIL, 1982

INDICE TEMATICO

I) RESUMEN

II) INTRODUCCION

III) SUELOS

III_1 Generalidades

III_2 Suelos estudiados

IV) CLIMA

V) VEGETACION Y USO ACTUAL

VI) CICLO HIDROLOGICO

VII) CARACTERISTICAS ESTUDIADAS

Parte I VII_1 Suceptibilidad a la erosión

$VII_{1.1}$ Antecedentes

$VII_{1.2}$ Metodología

$VII_{1.3}$ Factores fisiográficos - resultados y discusión

$VII_{1.4}$ Factores físicos del suelo - resultados y discusión

$VII_{1.5}$ Factor manejo

$VII_{1.6}$ Conclusiones

$VII_{1.7}$ Bibliografía

Parte II VII_2 Agua disponible del suelo

$VII_{2.1}$ Antecedentes

$VII_{2.2}$ Metodología

$VII_{2.3}$ Factores fisiográficos - resultados y discusión

$VII_{2.4}$ Arraigamiento - resultados y discusión

$VII_{2.5}$ Factores físicos del suelo - resultados y discusión

$VII_{2.6}$ Factor Manejo

$VII_{2.7}$ Balance hídrico - resultados y discusión

$VII_{2.8}$ Conclusiones

$VII_{2.9}$ Bibliografía

Parte III VII_3 Condiciones de laboreo

$VII_{3.1}$ Antecedentes

$VII_{3.2}$ Metodología

$VII_{3.3}$ Factores físicos del suelo - resultados y discusión

$VII_{3.4}$ Conclusiones

$VII_{3.5}$ Bibliografía

Parte IV VII_4 Aereación (Drenaje)

$VII_{4.1}$ Antecedentes

$VII_{4.2}$ Metodología

$VII_{4.3}$ Factores fisiográficos - resultados y discusión

$VII_{4.4}$ Factores físicos del suelo - resultados y discusión

$VII_{4.5}$ Factor manejo

$VII_{4.6}$ Conclusiones

$VII_{4.7}$ Bibliografía

Parte V

VIII) CONCLUSIONES GENERALES

IX) ANALISIS DE LAS INTERACCIONES ENTRE PROPIEDADES FISICAS

X) BIBLIOGRAFIA

XI) APENDICE

VII$_2$ AGUA DISPONIBLE DEL SUELO

VII$_{2.1.}$ Antecedentes

El agua es un factor fundamental en la genesis de los suelos y en la relación suelo-planta.

Su cantidad en el suelo, distribución, y potenciales a las que se encuentra retenida, así como sus variaciones estacionales, son la causa de numerosos fenómenos pedológicos como la lixiviación de bases y coloides, distribución de la materia orgánica, disponibilidad de cationes, y del potencial de oxidación reducción, con toda su secuela pedogenética.

La disponibilidad de agua, determinante del riesgo de sequía, depende de características edáficas y estacionales, definiéndose 2 puntos, entre los cuales el agua es retenida por el suelo a disponibilidad de las plantas: Capacidad de Campo y Marchitez Permanente.

Los poros del suelo están rellenos por aire o agua. Al disminuir el agua de un suelo, se vacían primero los macroporos. En los microporos (intersicios entre partículas y poros de partículas) queda retenida más firmemente. Se llama saturación relativa o porcentaje de saturación, al volúmen de poros llenos de agua en relación al totoal de poros (Baver, 1973).

En la estructura de los cristales existe agua de cristalización, que no es considerada agua del suelo; se considera tal la que puede ser separada de él a 110° , en estufa hasta peso constante; aunque puede perderse agua constituyente de la M.O. a esa temperatura. (Baver, 1973).

El contenido de agua de un suelo puede expresarse en porcentaje en peso, o en volúmen haciendo intervenir la densidad aparente del mismo. Otra forma de expresión es como carga, en unidades de longitud (mm, cm, pulgadas) por unidad de profundidad de suelo.

El agua es atraída más energicamente por las partículas de suelo cuanto más próxima a éstas se encuentra. Esta energía de adsorción está influída por la naturaleza de la superficie de las partículas y los cationes de intercambio.

La montmorillonita, con alto CIC y gran superficie específica presenta mayor capacidad de adsorción que la illita. La caolinita es la arcilla con menor capacidad. Con 50% de humedad relativa (suelo muy seco) la adsorción es respectivamente: 2.1 - 4.5 - 0.5 (Baver, 1973).

Las arcillas saturadas con cationes bivalentes presentan mayor capacidad de adsorción.

El estudio del agua se complica cuando se presenta en partículas delgadas que es cuando más interesa, por su relación con la adsorción de los iones por las raíces (Baver, 1973).

El estado energético del agua en el suelo es muy importante. Presenta energía cinética y potencial.

La energía potencial presenta varias formas:

El potencial matricial, debido a la atracción mutua entre las moléculas de agua y con las superficies sólidas.

El potencial gravitatorio, el potencial de presión (debido al peso del agua) y el potencial osmótico (debido al carácter polar) son otras formas de energía del agua del suelo.

En las relaciones suelo-planta es importante la energía de succión -por parte de las plantas para la obtención del agua y los iones : esto depende del potencial matricial y osmótico principalmente.

En células vivas se suma a éstos, un potencial de turgencia producido por las presiones en el interior de células turgentes.

Con el agua a flujo no saturado, intervienen fundamentalmente el potencial matricial y el de gravedad. En el flujo saturado es determinante el potencial hidráulico, que es la suma de los potenciales gravitatorios y de presión.

Los fenómenos analizados en los capítulos VI y VII$_{1\,1}$ que tratan del ciclo hidrológico y algunos aspectos de la circulación del agua en el perfil, están relacionados a estos fenómenos.

En esta parte del trabajo, analizaremos, los aspectos de disponibilidad de agua por las plantas por lo que interesa definir:

Capacidad de campo

(Forsythe, 1975) la define como la humedad retenida por un suelo uniformemente mojado, que ha dejado de drenar.

Se utiliza para definir este parámetro en muestras imperturbadas, el contenido de agua retenida a o.1 bars de presión. (Slatyer, 1967 citado por Forsythe, 1975)

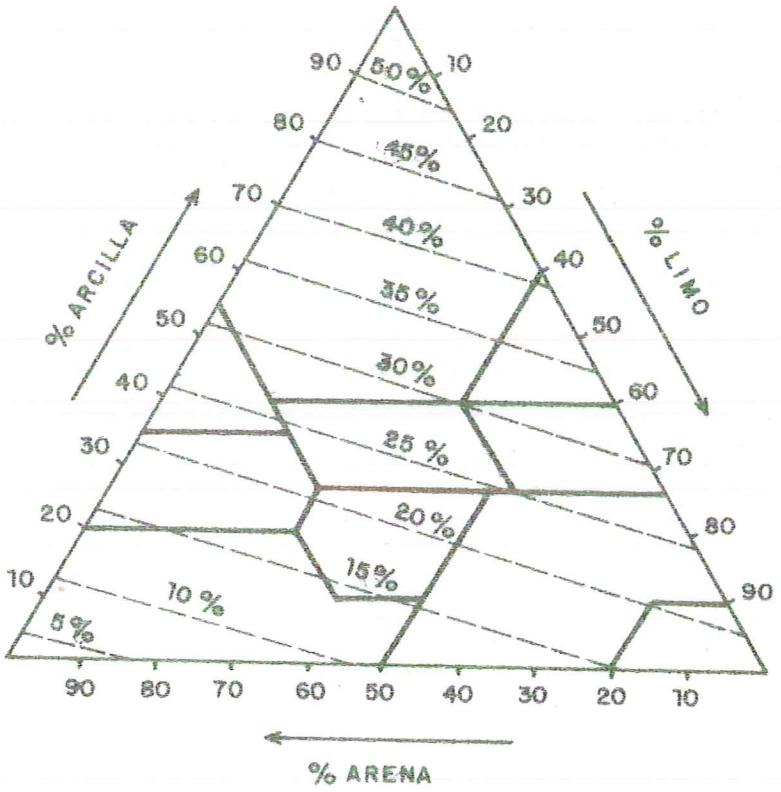
En muestras perturbadas, y secas y tamizadas se utiliza 0.33 bars (Hofstadter, 1972).

A presiones inferiores a ésta, el agua escapa del suelo. El concepto de capacidad de campo implica drenaje libre. Los horizontes impermeables enlentecen la percolación gravitacional del agua y el concepto se derrumba (Feodoroff, 1971 citado por Trocmé y Gras, 1979). De ahí la importancia del parámetro conductividad hidráulica considerado en el Capítulo VII 1.1.

La humedad equivalente, sinónimo de capacidad de campo puede determinarse a campo por el siguiente nomograma:

HUMEDAD EQUIVALENTE %

HE = 0,027 x % Ar + 0,187 x % L + 0,555 x % Ac (Gardner)



Marchitez permanente

Este punto, corresponde al contenido de agua del suelo cuando ocurre el marchitamiento de las plantas. Existen variaciones específicas y estacionales situándose entre 10 y 20 bars con un valor promedio de 15 bars (Richards y Wadleigh 1952, citados por Hofstadter, 1972).

A presiones superiores a éstas, las plantas no pueden extraer agua del suelos.

El contenido de humedad volumétrica a 15 bars puede ser estimada por cálculo (Fernández, 1979).

$$\% \, HV_{15 \text{ bars}} = 58.1313 + 0.3718h + 0.5682a + 0.6414b + 0.9755c$$

h = % m.o.
a = % arena
b = % limo
c = % arcilla

Agua disponible

Es el contenido de agua entre ambos puntos: marchitez permanente y capacidad de campo. El agua gravitacional (perdida a capacidad de campo) está disponible a las plantas, pero se pierde del perfil si no existen horizontes impermeables.

Hofstadter (1972), indica que existe correlación negativa del orden de r = (-0.54) a (-0.91) con el contenido de arena y positivo y significativo con el contenido de limo, para el A.D.

Con la arcilla existiría correlación positiva, pero a presiones de succión superiores al punto de marchitez permanente. Indica además que la materia orgánica no afecta significativamente estos parámetros hídricos.

En suelos de esta misma región, García (1979) indica los siguientes valores sobre muestras imperturbadas:

Suelo	Horizonte	CC	CMP	AD
VRL	A	39.10	21.32	17.78
	B	34.00	21.00	13.00
BST	A	38.00	18.00	20.00
	B	37.00	25.00	12.00
ASM	A	32.00	11.33	20.67
	B	37.50	26.04	11.46

El agua está retenida en forma menos disponible cerca de marchitez permanente que a capacidad de campo.

En frutales por ejemplo, con baja humedad disponible, decrece el crecimiento vegetativo pero no la producción de frutas (Trocme y Gras, 1979)

El agua disponible es la explorada por las raíces, ya que ellas mueven agua solo muy cerca de su localización (1 cm - 1 dm).
Al mismo tiempo, las aguas freáticas ascienden muy lentamente y a alturas nunca superiores a 90 cm en suelo limoso y 35 cm en arenoso (Trocmé y Gras, 1979).

Un suelo con humedad por debajo de capacidad de campo, cede muy dificilmente agua a otro más seco. Así, la tierra seca en superficie, aisla a las capas profundas de la evaporación (Self Mulching) (Trocmé y Gras, 1979). En esos casos las pérdidas ocurren solamente por la transpiración vegetal.

Las bajas temperaturas del suelo, retardan la absorción de agua por las plantas al igual que las bajas concentraciones de O_2. (Maximov, 1948).

$VII_{2.2.}$ Metodología

El muestreo para las determinaciones de agua del suelo se realizó en la misma forma descrita en el capítulo $VII_{2.1}$

Se agregan, para esta finalidad, una toma de muestras de volumen conocido, imperturbadas, en los horizontes A y B, con 3 repeticiones para cada una.

Las muestras imperturbadas del suelo, saturadas en agua son sometidas a presiones de 0.1 , 0.33, 1.0 y 15 bars en un plato de porcelana poroso, determinando humedad gravimétrica y volumétrica a cada presión. En los suelos 18 J 27 a 22 J 27 y horizonte B del 66 K 28, el valor a 15 bars fue calculado (Fernández, 1979).

El agua disponible fue calculada por diferencia entre el porcentaje de humedad volumétrica a 15 bars (CMP) y 0.1 bars (CC)

Para el pasaje de contenido de humedad en peso a volumen se utilizó la densidad aparente calculada en el recipiente de volumen conocido utilizando para la determinación de retención de humedad.

Además, durante el período de julio a marzo, se midió cada 10-15 días en cada parcela, el contenido de humedad volumétrica a 3 profundidades: 0 - 20 cm, 40 - 60 cm y 80 - 100 cm. Corresponden a los horizontes A, B y C, salvo el perfil 14 H 27 donde la muestra 40 - 60 cm corresponde al horizonte A_2.

Para este perfil de humedad se hicieron determinaciones bajo eucaliptus en el suelo 20 J 27 y en ladera alta y media en el 66 K 28, con la finalidad de observar el efecto vegetación y topografía, respectivamente.

La frecuencia de raíces en los diferentes horizontes se determinó extrayendo muestras compuestas (3 tomas) en cada parcela, con 6 cm. de diámetro y profundidad proporcional al horizonte, considerando el A en su totalidad, el B hasta 75 cm y el C hasta 120 cm. Los volúmenes correspondientes a los horizontes A y B fueron calculados multiplicando el peso seco de la muestra por la densidad aparente de masa. Para el C se midió volumen por desplazamiento de agua en probeta graduada.

La dispersión de los agregados se hizo con pirofosfato de sodio, tamizando la muestra en malla con 0,295 mm de separación. Las raíces fueron pesadas secas a estufa y el contenido expresado en gramos por 100 cc. de tierra seca. El método no considera raíces mayores a 5 mm, pertenecientes por lo general a árboles o viña.

$VII_{2.3}$ Factores Fisiográficos

El factor fisiográfico como elemento determinante de la disponibilidad de agua de los suelos, tiene que ver con la concentración de las aguas de escurrimiento superficial, hipodérmico y profundo, en áreas por lo general, de pendiente nula. Allí existe muchas veces una napa freática que no escapa del perfil del suelo, al encontrarse en un mismo nivel con las aguas del nivel de base del valle. En esas posiciones, los suelos, con condiciones reductoras gran parte del año, en parte del perfil (Gleysoles-Histosoles), no son laborables bajo agricultura y no están representados en este análisis.

En los suelos estudiados, las aguas gravitacionales escapan más o menos velzmente del perfil, dependiendo ello de la permeabilidad del mismo y su pendiente; por ello el agua disponible depende fundamentalmente de la capacidad de almacenaje del suelo, y su conservación, del manejo que el hombre realice en el mismo.

Los suelos que hemos estudiado en posiciones bajas planas (Planosoles limo arcillosos) se encuentran levantados respecto al nivel de base de los arroyos (cauce entallado), no presentando, por lo tanto reservorios de aguas gravitacinnales.

Los materiales madre, limo arcillosos o arenosos, son en sí mismos capaces de retener agua disponible a las raíces que puedan prosperar en ellos.

La pendiente, afectando el escurrimiento superficial y por lo tanto la oportunidad de infiltración de agua al perfil del suelo, afecta el volumen de agua que pueda ser almacenada por el suelo.

Así, si correlacionamos los déficits de agua del solum (A + B) en los suelos estudiados (Cuadro N°9, Cap. $VII_{2.5}$) con la pendiente de los mismos tenemos: (Gráfico N°18)

$y = 5.44 + 3.92\ x$ — y = déficits (días) de agua en el solum

$R = 0.64$ — x = pendiente (%)

Coef. Det. = 41%

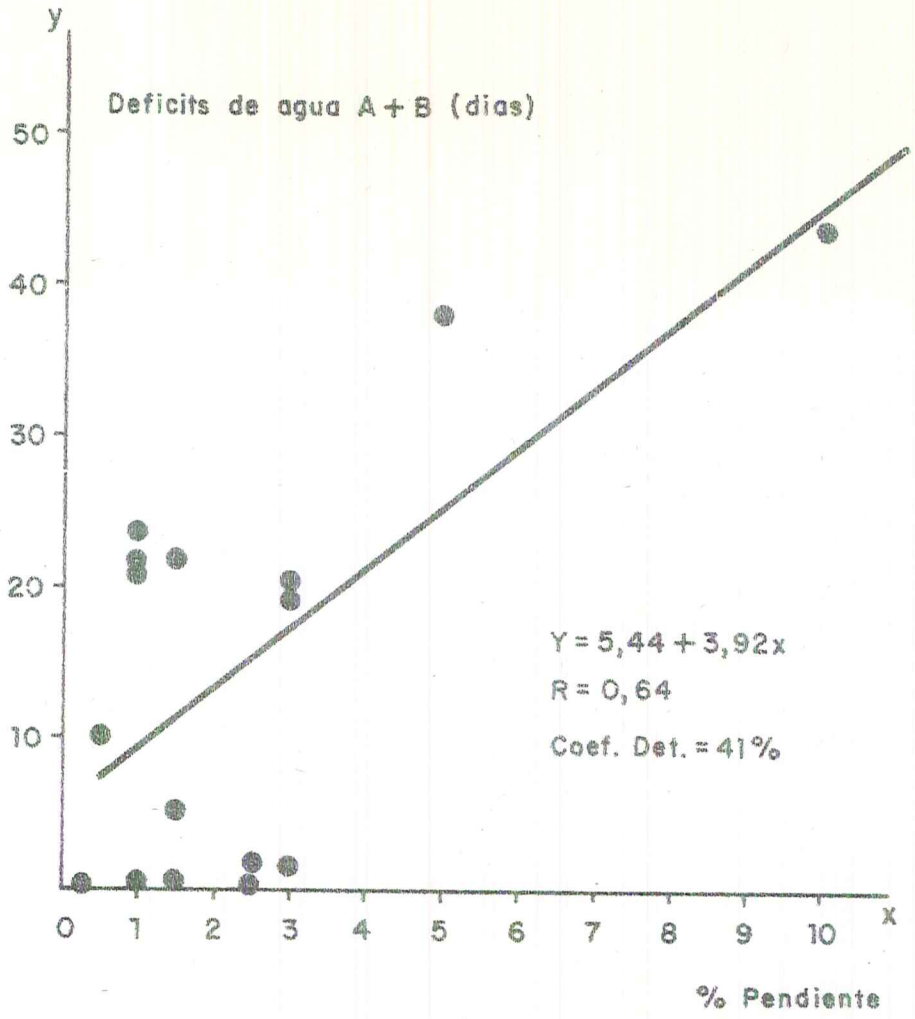
Esta correlación bastante significativa mejora si consideramos solo los déficits del horizonte B: (Gráfico N°19)

$y = -2.09 + 3.18\ x$ — y = déficits (días) de agua en el B

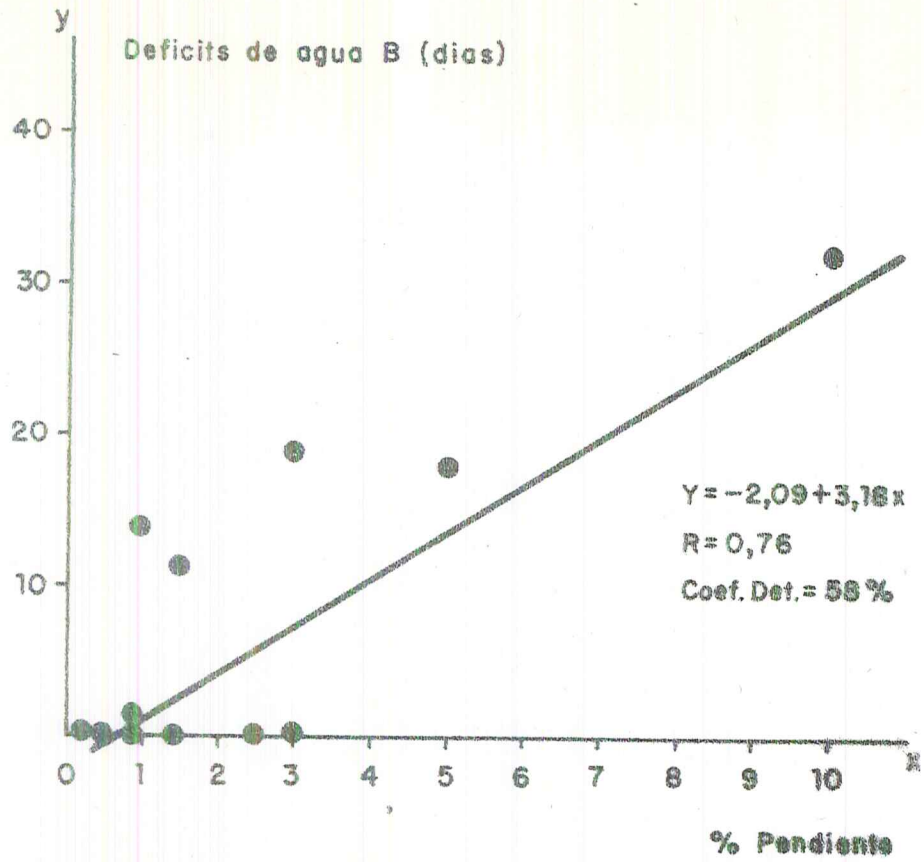
$R = 0.76$ — x = pendiente (%)

Coef. Det. = 58%

Esto se debe a que existe una correlación débil entre la pendiente y los déficits del horizonte A (R = 0.15).



Gráfica Nº 18



Gráfica Nº 19

VII$_{2.4.}$ Arraigamiento

Este aspecto, de fundamental interés para conocer el volumen de suelo explorado por las raíces, y por lo tanto es suceptible de proporcionar agua y nutrientes a los vegetales, es analizado en este capítulo.

Resultados

En el Cuadro N°7 se indica la distribución radicular (raíces menores a 5 mm junto a otras propiedades relacionadas, en los suelos analizados

Discusión

Se observa la enorme importancia del factor uso del suelo, vale decir el tipo de vegetación que en él prospera, respecto a la distribución radicular.

Como resumen general se puede afirmar que:

Horizonte	A	bajo Campo natural	> 0.5 grs.	raíces /100 cc	>	chacra y viñas
"	B	"	> 0.09 grs.	"	>	"
"	C	"	> 0.03 grs.	"	>	"

grs. raíces secas 5 mm/100 cc tierra seca

Uso \ Horizonte	A (total)	B (hasta 75 cm)	C (hasta 120 cm)
C. Natural	0.55 - 1.50	0.09 - 0.18	0.05 - 0.06
Chacra	0.35 - 0.43	0.02 - 0.09	0.02 - 0.03
Viña	0.05	0.02 - 0.03	0.02

CUADRO N°7

A R R A I G A M I E N T O

Suelo	Horizonte	Uso	Espesor en cm	D.Aparente	Volumen cc seco	Peso raíces secas grs.	Grs.raíces secas/100 cc tierra seca	M.O.
	A							
18 J 27	B	C.Natural	25	1.17	216.80	1.5794	0.7285	7.31
	C							
	A		15	1.29	226.30	0.7901	0.3491	2.36
19 J 27	B	Chacra	60	1.44	112.50	0.0623	0.0554	2.00
			-	1.46	75.00	0.0148	0.0197	-
	A		15	1.39	281.80	1.2162	0.4316	2.78
20 J 27	B	Chacra	55	1.43	114.00	0.0183	0.0161	1.96
	C		-	1.59	115.00	0.0224	0.0195	-
	A		30	1.38	234.90	1.2838	0.5465	3.61
21 J 27	B	C.Natural	70	1.47	127.50	0.1615	0.1267	2.24
	C		-	1.49	110.00	0.0646	0.0587	-
	A		25	1.22	217.80	0.7464	0.3427	4.10
22 J 27	B	Chacra	55	1.29	123.00	0.1160	0.0943	2.37
	C		-	1.60	110.00	0.0315	0.0286	-
Eucaliptus	A		15	-	224.70	0.7568	0.3368	-
28 J 27	B	Eucaliptus	55	-	136.00	0.0694	0.0510	-
	C		-	1.64	55.00	0.0160	0.0291	-
	A		20	1.31	186.80	0.0877	0.0469	2.72
66 K 28	B	Viña	50	1.38	138.00	0.0357	0.0259	2.15
	C		-	1.58	65.00	0.0148	0.0228	-
	A		30	1.37	212.00	0.2526	0.1191	2.59
69 K 28	B	Viña	50	1.42	189.50	0.0393	0.0207	1.52
	C		-	1.37	82.50	0.0179	0.0217	-

Cont.//

Cont.// Cuadro N°7

Suelo	Horizonte	Uso	Espesor en cm	D.Aparente	Volumen cc seco	Peso raíces secas grs.	Grs.raíces secas/100 cc tierra seca	M.O.
33 K 27	A	Pradera	25	1.30	182.00	0.3996	0.2196	3.94
	B		25	1.20	122.00	0.1147	0.0940	2.24
	C		-	1.20	260.80	0.0874	0.0335	-
6 K 29	A	Pradera regenerada	35	1.36	332.70	1.1442	0.3439	1.88
	B		50	1.50	140.00	0.1631	0.1165	1.43
	C		-	1.58	70.00	0.0861	0.1230	-
3 J 28	A	Avena	20	1.27	214.66	1.9363	0.9020	3.66
	B		50	1.39	207.30	0.1789	0.0863	3.11
	C		-	1.60	100.00	0.0387	0.0387	-
2 J 29	A	Pradera regenerada	30	1.29	276.35	1.7767	0.6429	3.06
	B		60	1.47	179.94	0.2585	0.1437	1.55
	C		-	1.61	125.00	0.0827	0.0662	-
13 H 27	A	Chacra vieja	35	1.29	231.28	1.5400	0.6659	3.01
	B		30	1.42	161.01	0.0598	0.3771	1.90
	C		-	1.58	85.00	0.0829	0.0975	-
14 H 27	A	C.Natural	50	1.48	231.25	1.4100	0.6097	1.63
	B		65	1.47	192.82	0.2615	0.1356	1.27
	C		-	-	90.00	0.0555	0.0617	-
21 J 26	A	C.Natural	25	1.42	175.56	2.6400	1.5038	3.46
	B		35	1.40	209.00	0.3800	0.1818	1.97
	C		-	1.58	120.00	0.0719	0.0599	-

En promedio, considerando como 100% el contenido de raíces del horizonte A, el B presenta 18% de esa cantidad y el C. (hasta 120 cm) 6.5%. Esto se debe a las mejores propiedades físicas, menor densidad aparente y por lo tanto mejor oxigenación en el horizonte A. Pero se debe destacar que los horizontes B, a pesar de sus características, por lo general poco propicias para el desarrollo radicular, son explorados por raíces pequeñas como las cuantificadas aquí, que no son raíces de anclaje. Las variaciones entre suelos no son perceptibles dado el enorme peso que tiene el tipo de vegetación y manejo del suelo.

El campo natural y la pradera en general tienen la mayor capacidad de exploración, siendo muy claro este hecho en el suelo 33 K 27, de solum delgado, donde el horizonte C es explorado profundamente.

Los cultivos chacareros exploran poco los horizontes B y C, en tanto que las plantas leñosas perennes (eucaliptus-viña) exploran profundamente.

La escasa cantidad de raíces evidenciada en viña se debe al hecho de haber contabilizado raíces pequeñas, las que corresponden por lo general a hierbas, las que son erradicadas sistemáticamente de este cultivo.

En viña y en frutales en general, se advierte una aparente obligación de de las plantas por la exploración profunda del suelo, a pesar de sus características desfavorables, en virtud de practicarse sistemas de manejo de suelo que destruyen las raíces superficiales, y/o las altas densidades de plantación.

Como conclusión, hemos considerado para los cálculos de agua disponible a las plantas y balance hídrico, la profundidad de 120 cm para praderas y frutales, y el espesor de los horizontes A y B para los cultivos en general.

VII$_{2.5.}$ Factores Físicos

En este tema, a la inversa que en la suceptibilidad a la erosión, las características físicas del perfil cobran enorme interés.

Resultados

En el Cuadro N°8 se muestran los porcentajes de humedad en peso y volumen a diferentes tensiones, desde capacidad de campo a marchitez permanente, y los valores de densidad aparente y otros parámetros de interés respecto a la capacidad de retención de agua.

* Pag 34

Las curvas de retención de humedad se expresan en el Gráfico N°20.

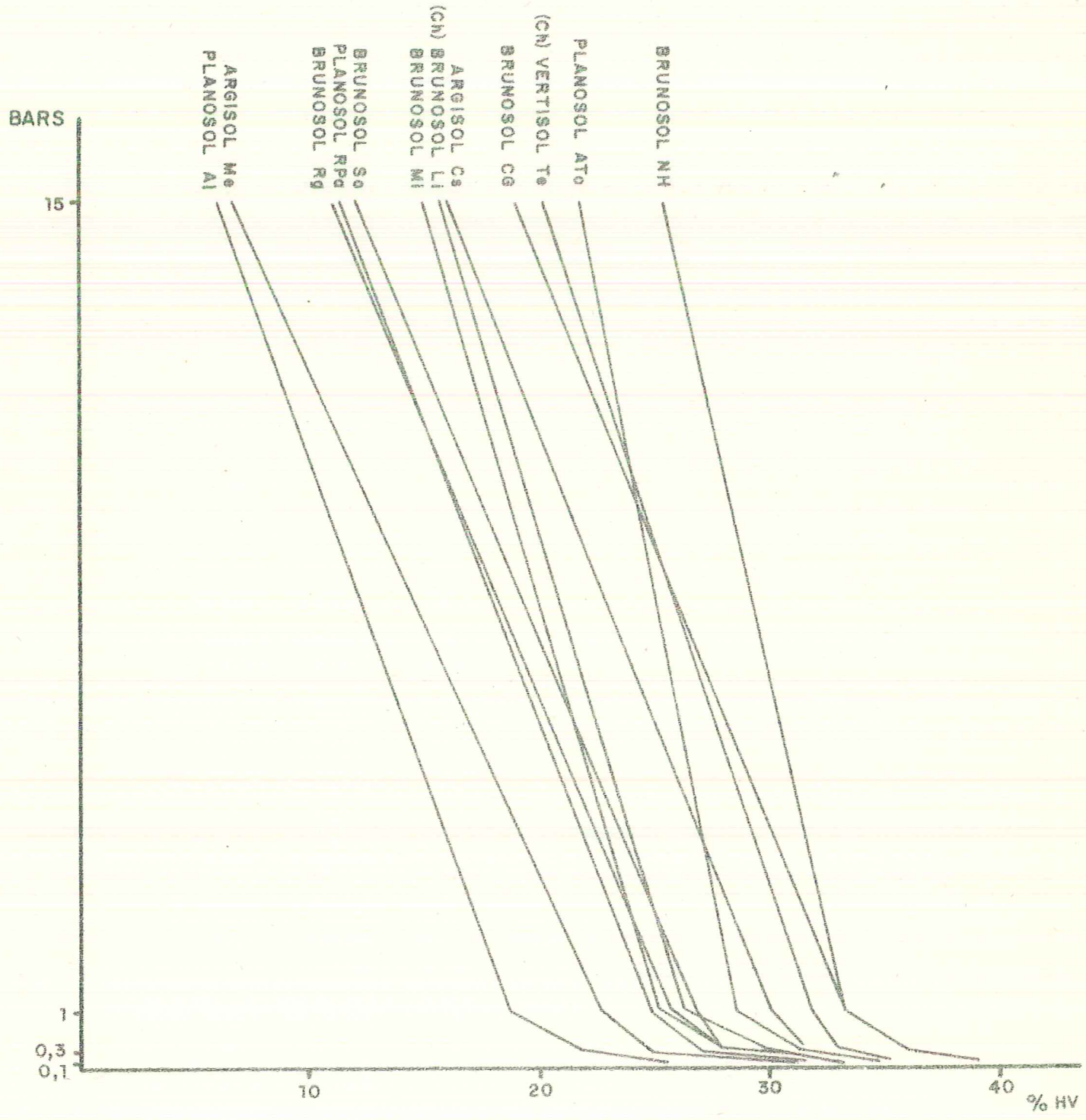
En el Gráfico N°21 se observa el agua disponible en los horizontes A y B para los diferentes suelos.

Los resultados del perfil de humedad, que muestra el contenido de humedad del suelo, hasta 100 cm, en porcentaje volumétrico, para un período aproximado a los 9 meses, están expresados en los gráficos 22 al 35. En ellos se indican los niveles de humedad correspondientes a capacidad de campo y marchitez permanente con la finalidad de comparar los suelos en sus déficits y excesos de agua.

Las Gráficas 36 al 52 muestran lo mismo en otra proyección.

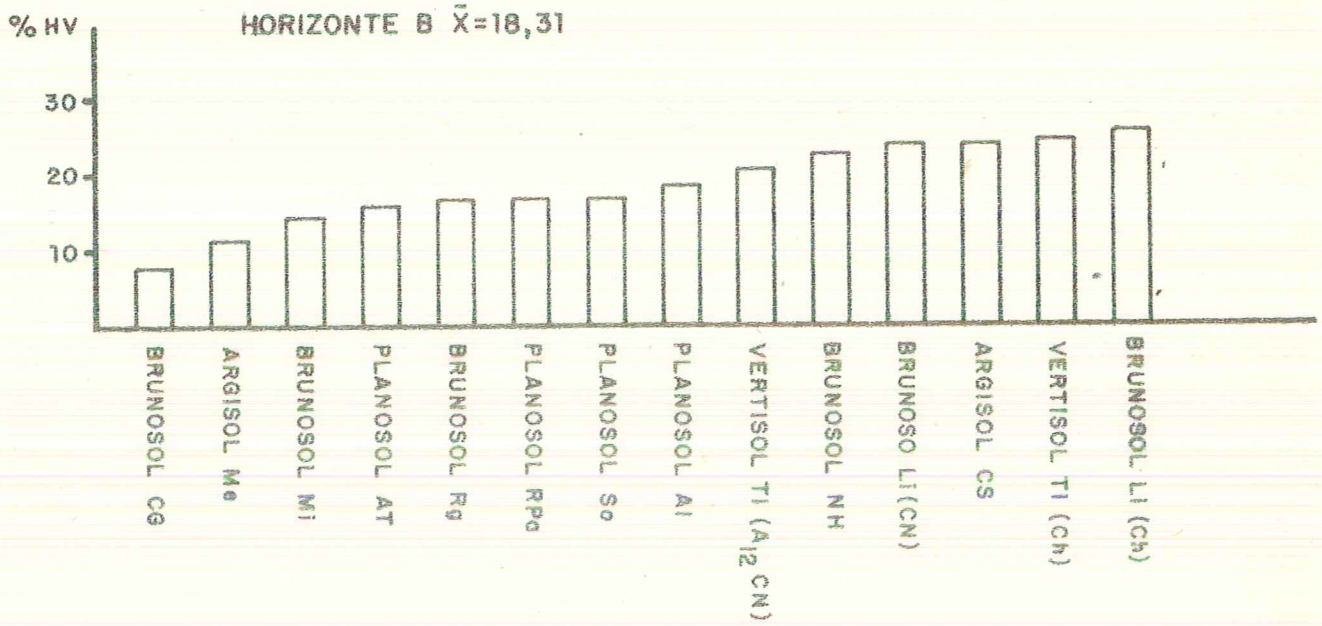
RETENCION DE HUMEDAD

HORIZONTE A



Gráfica Nº 20

AGUA DISPONIBLE



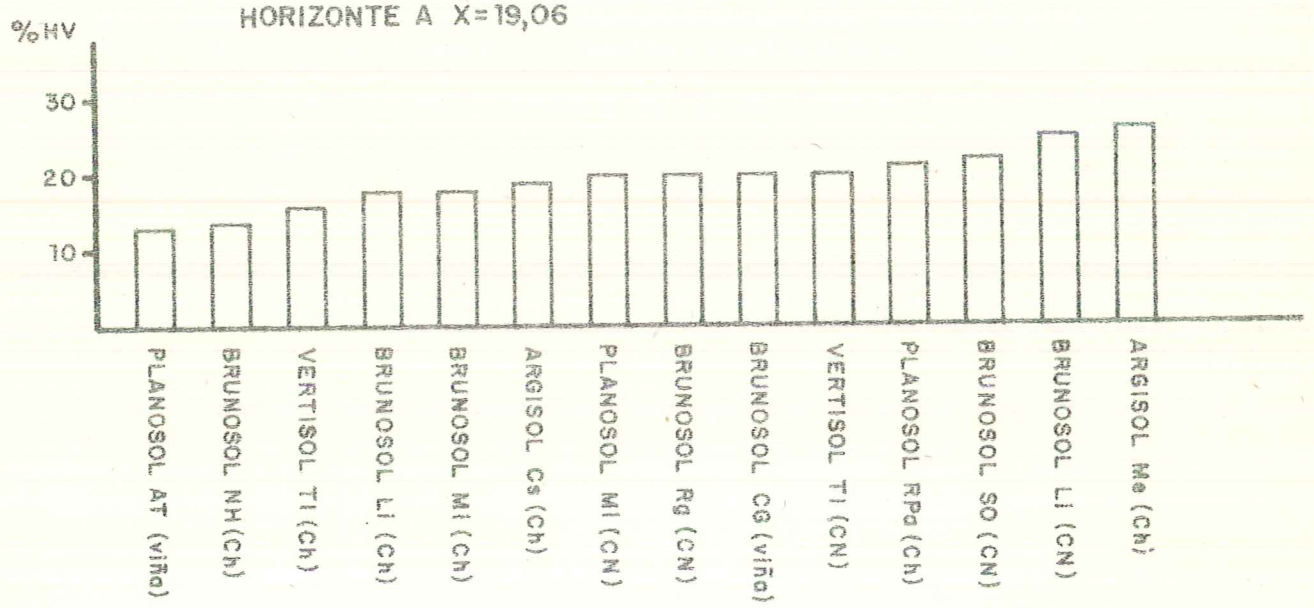
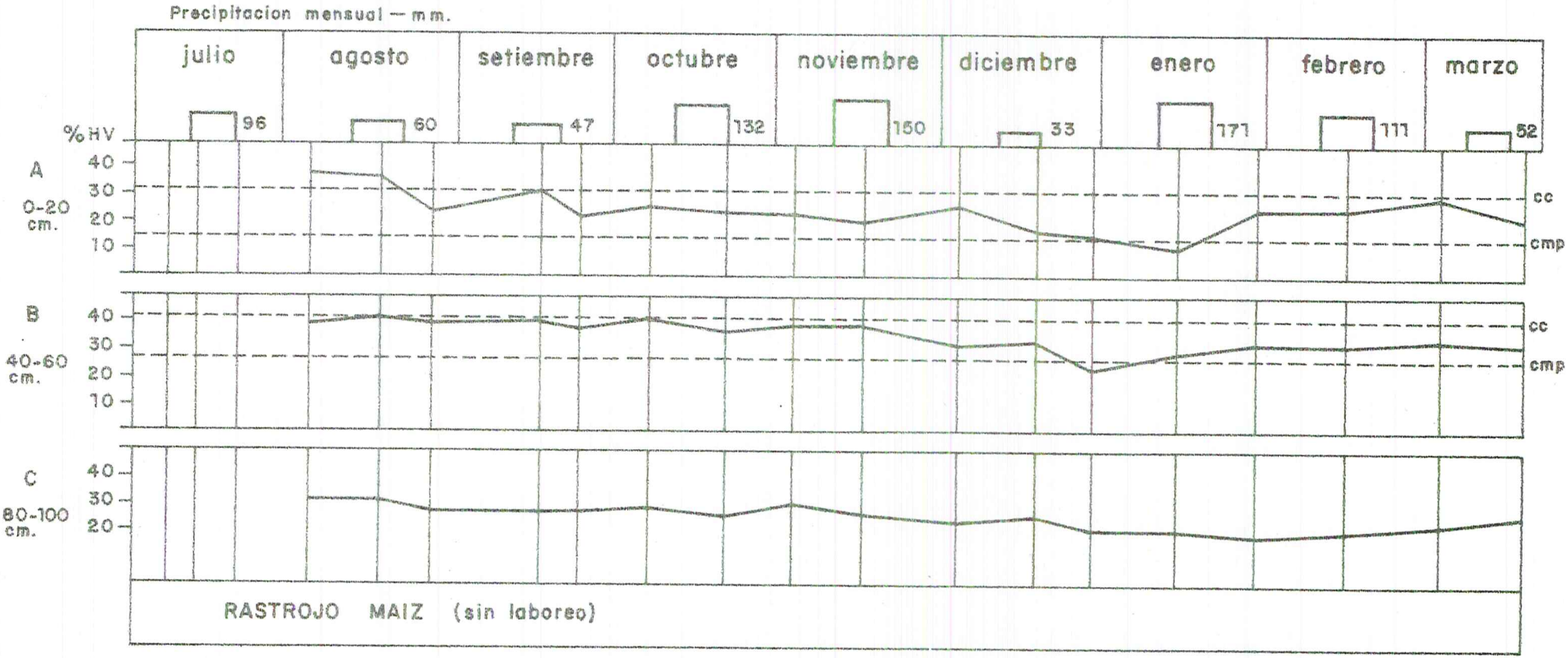


Gráfico Nº 21

PERFIL DE HUMEDAD

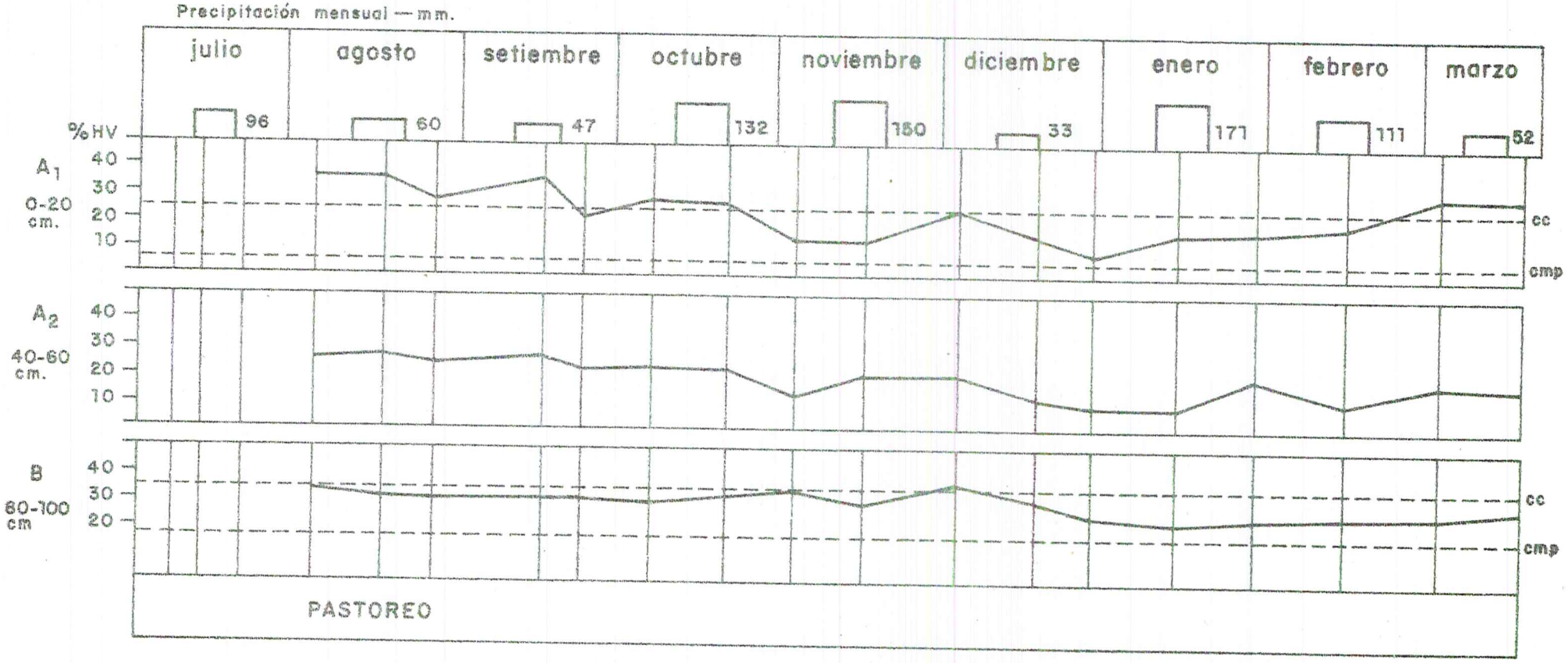
BRUNOSOL Mi — CHACRA



Gráfica Nº 22

PERFIL DE HUMEDAD

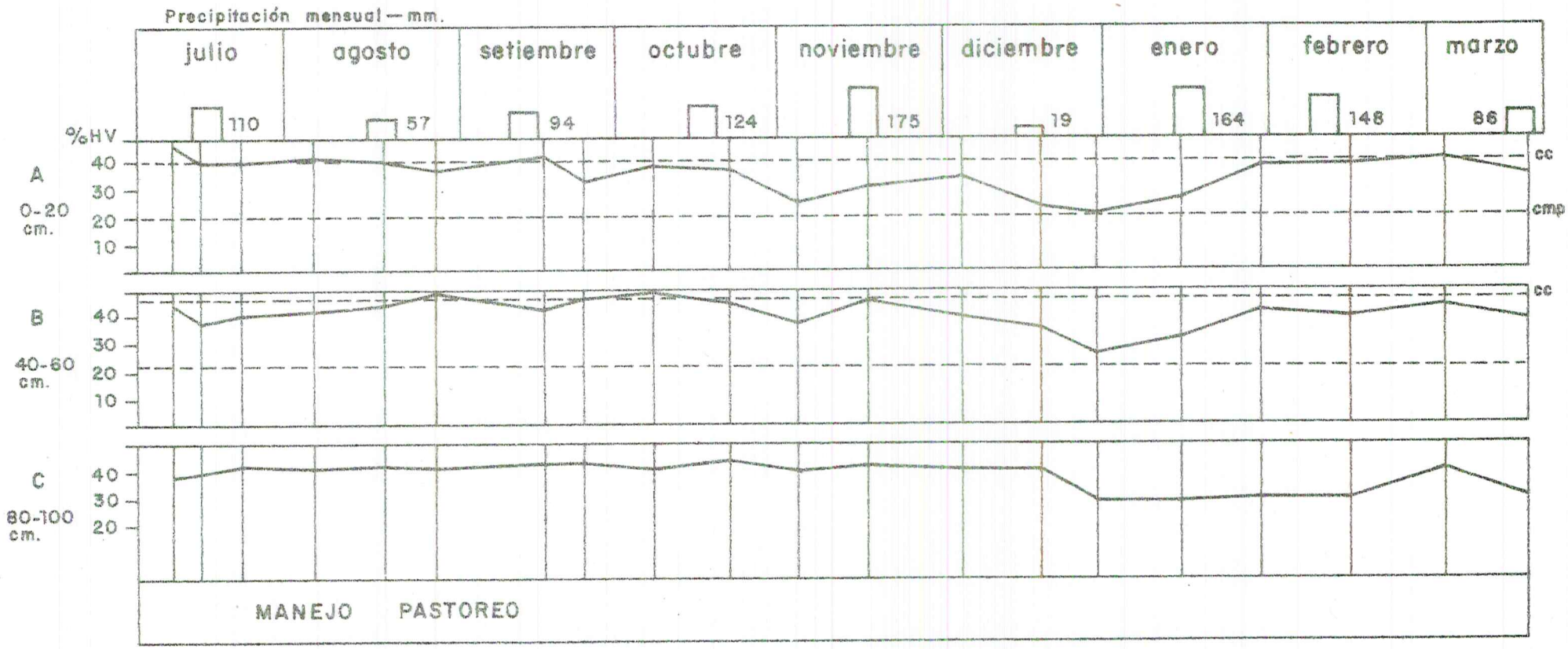
PLANOSOL AI — PRADERA REGENERADA



Gráfica Nº 23

PERFIL DE HUMEDAD

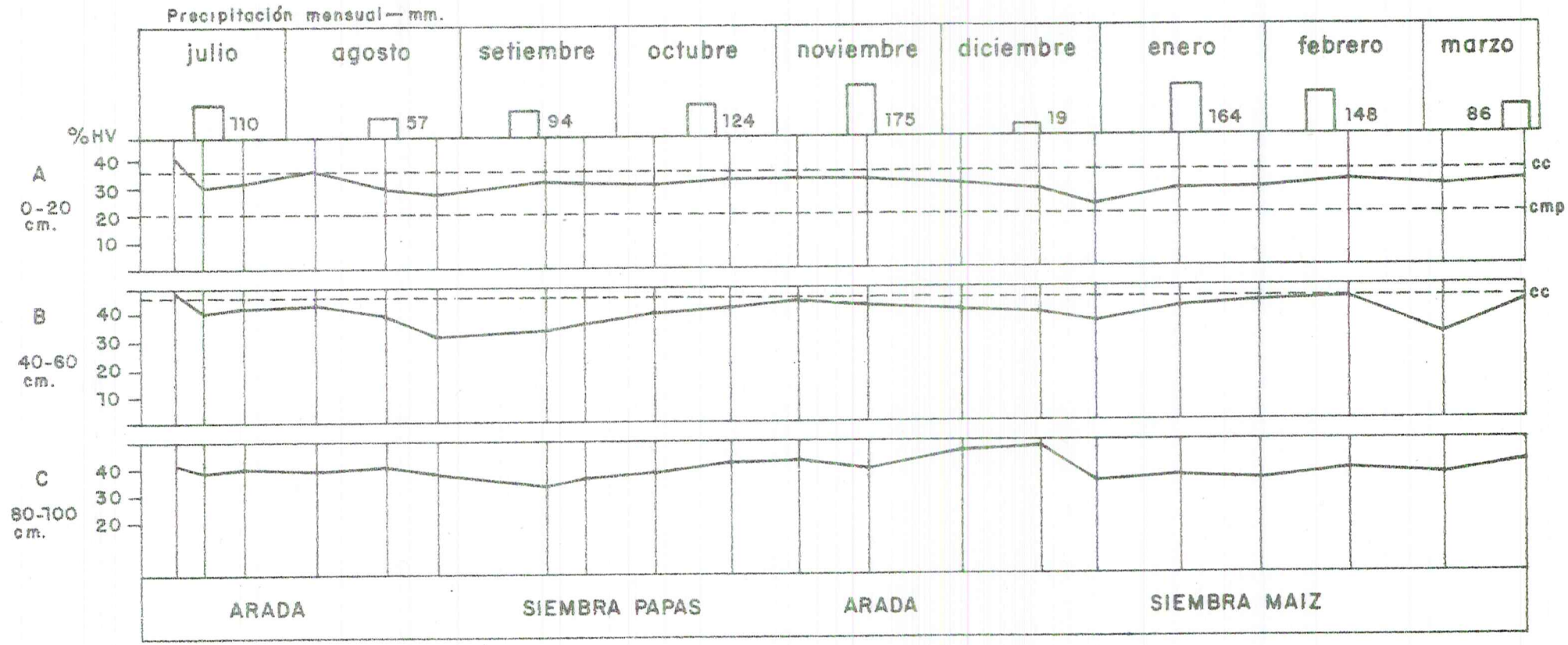
VERTISOL TI—CAMPO NATURAL



Gráfica Nº 24

PERFIL DE HUMEDAD

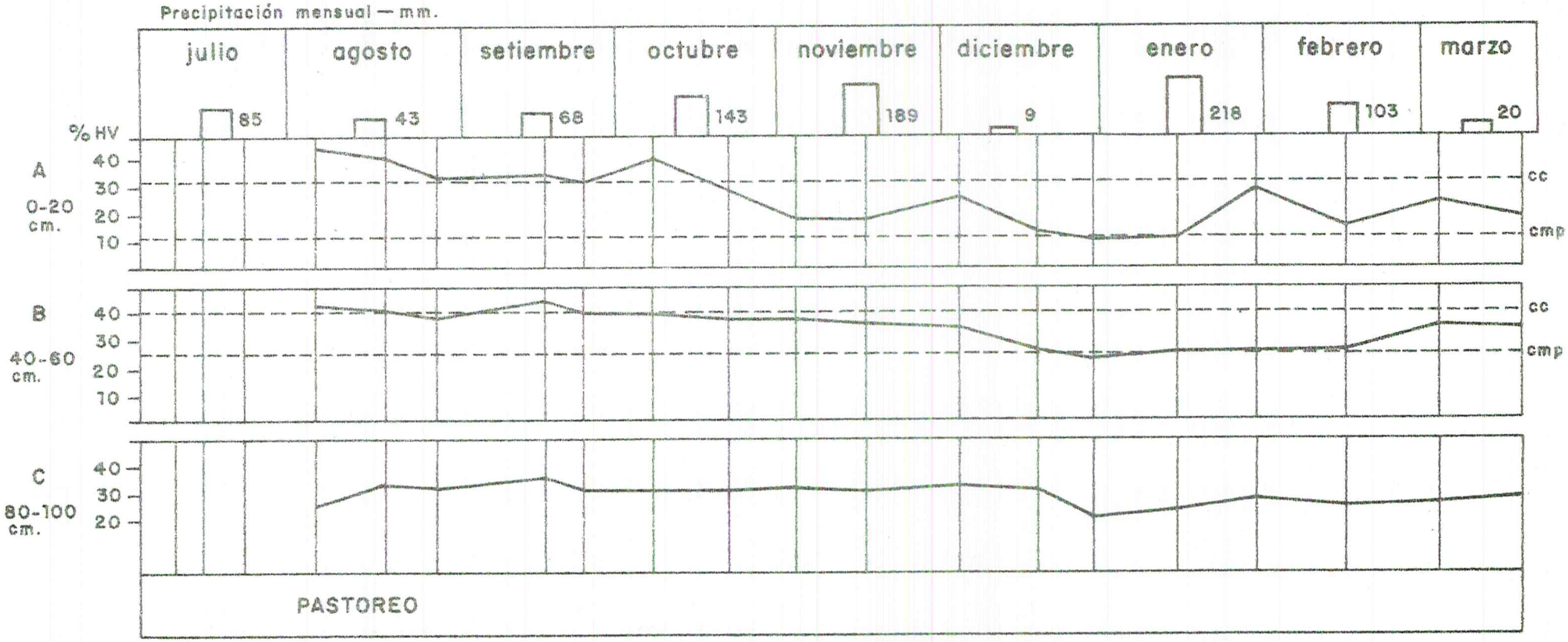
VERTISOL TI — CHACRA



Gráfica Nº 25

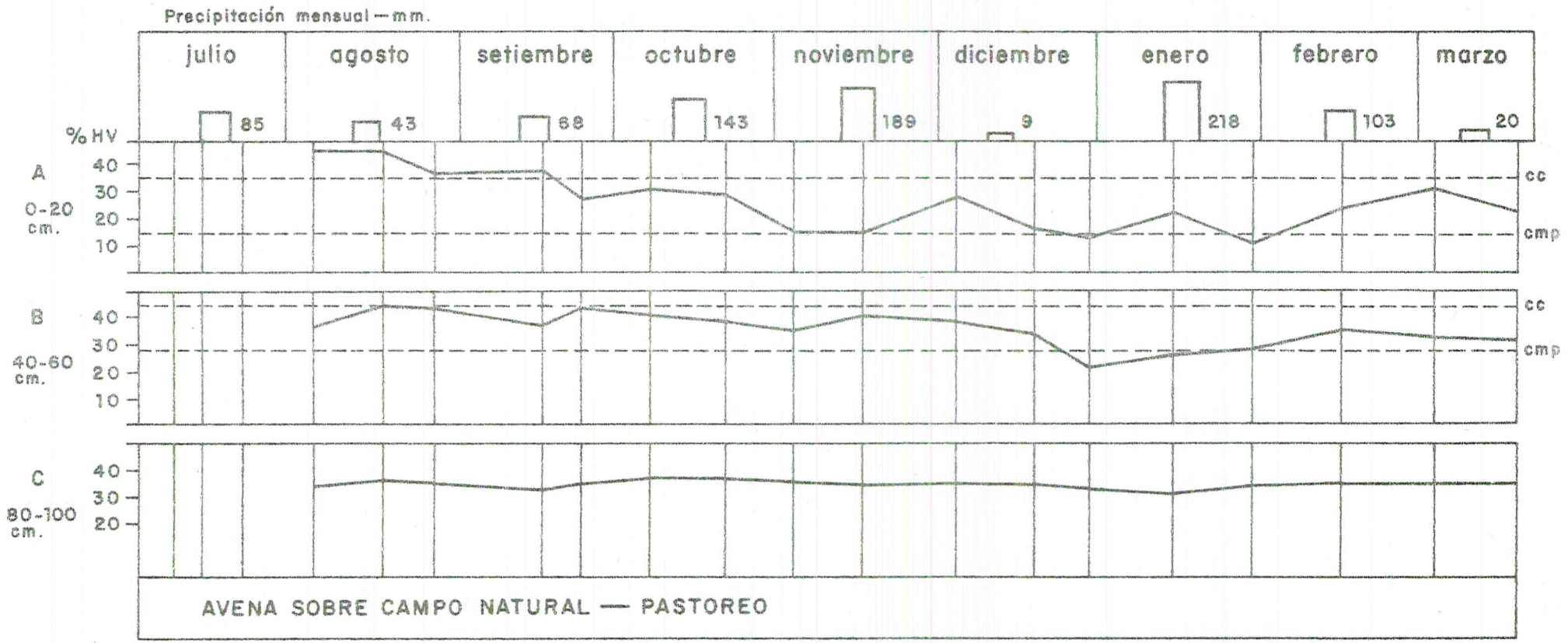
PERFIL DE HUMEDAD

PLANOSOL RPa — PRADERA REGENERADA



Gráfica Nº 26

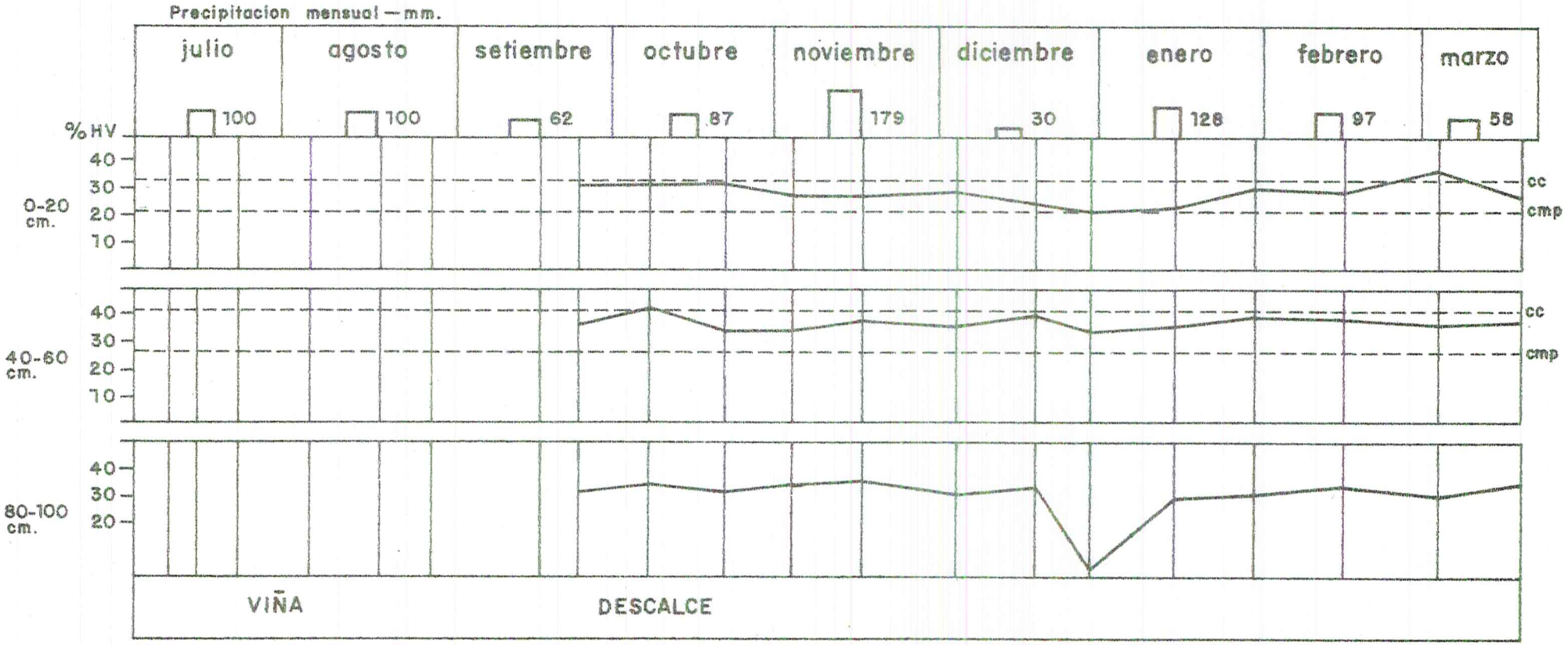
PERFIL DE HUMEDAD
BRUNOSOL So — AVENA



Gráfica Nº 27

PERFIL DE HUMEDAD

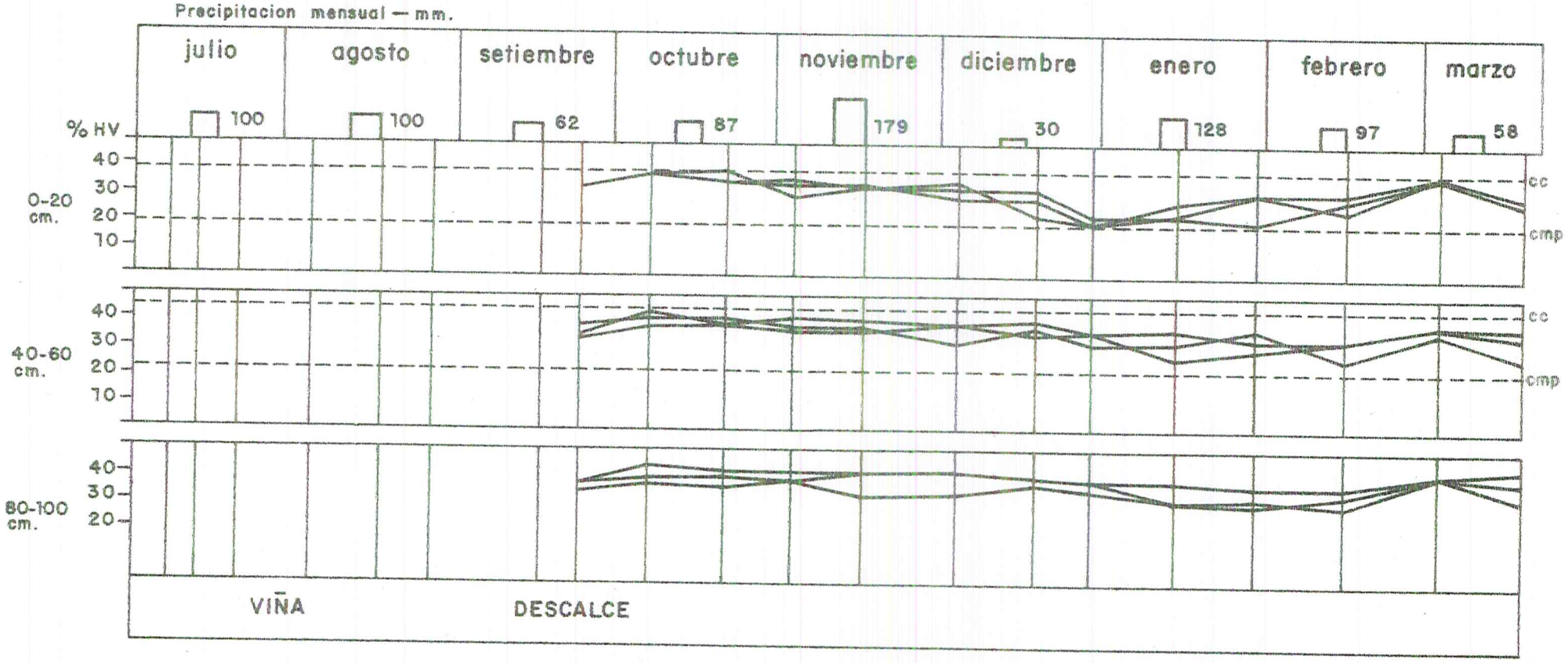
PLANOSOL AT — VIÑA



Gráfica Nº 28

PERFIL DE HUMEDAD

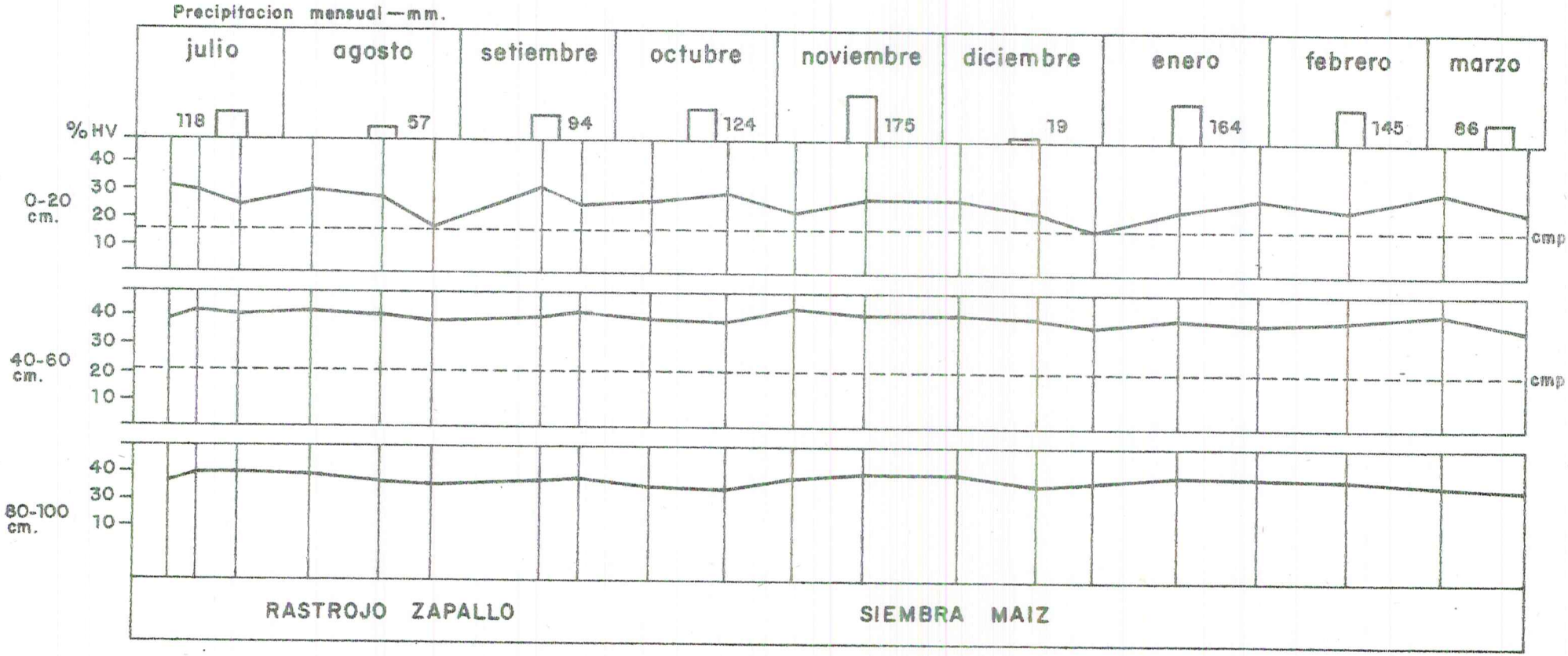
BRUNOSOL CG — VIÑA



Gráfica Nº 29

PERFIL DE HUMEDAD

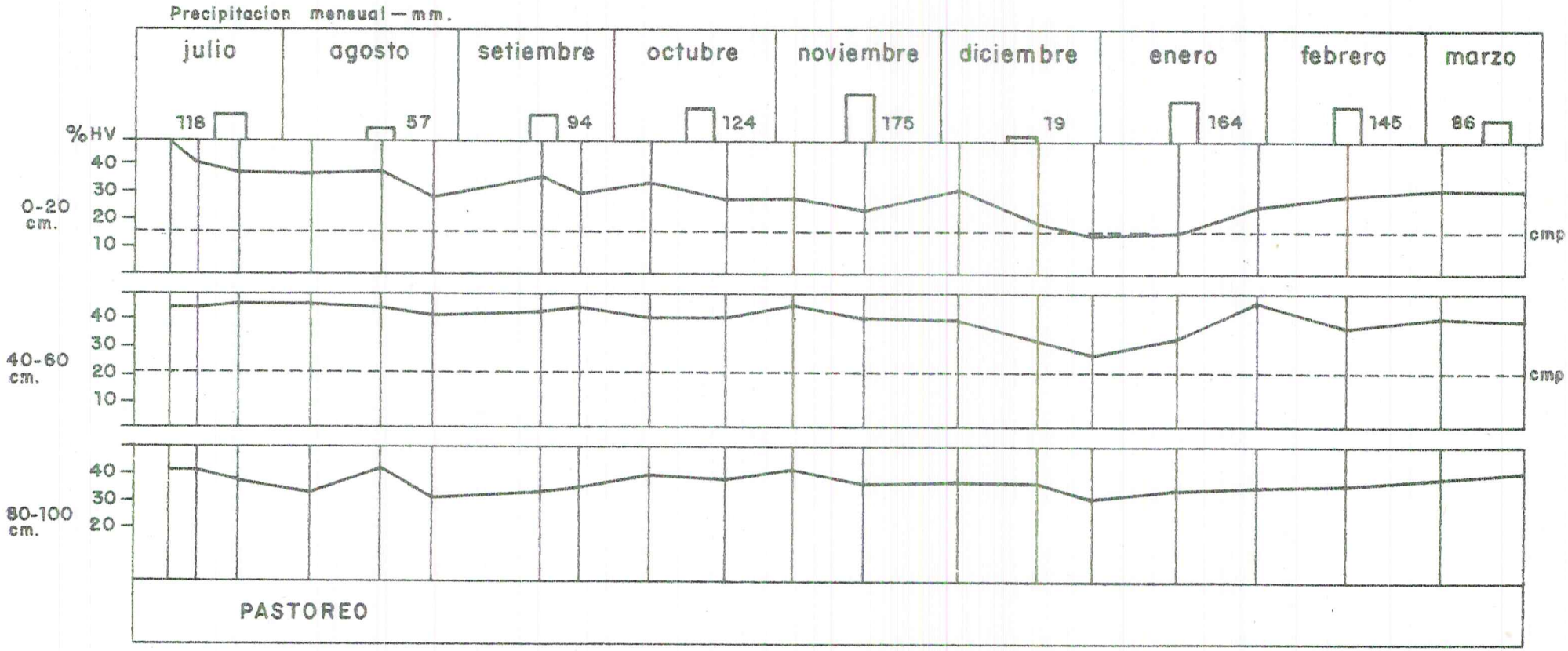
BRUNOSOL Li — CHACRA



Gráfica Nº 30

PERFIL DE HUMEDAD

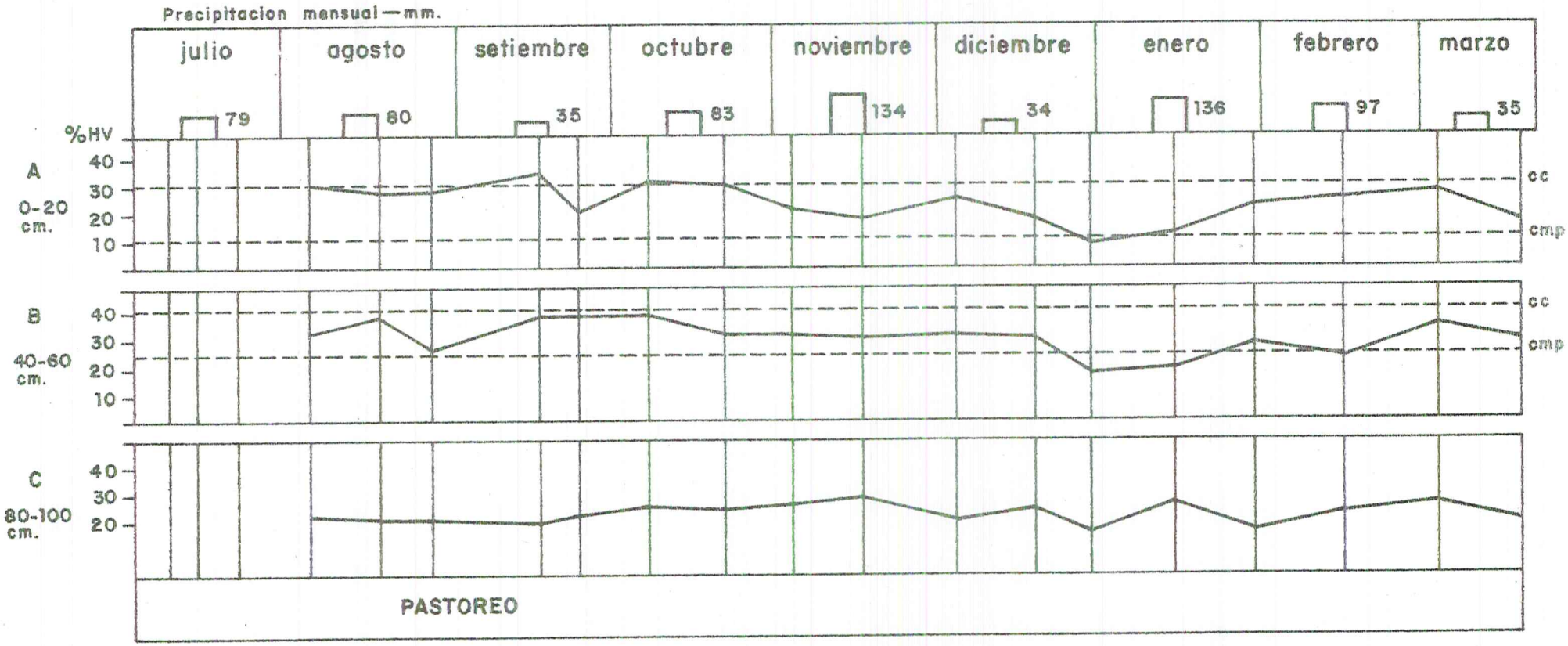
BRUNOSOL Li — CAMPO NATURAL



Gráfica Nº 31

PERFIL DE HUMEDAD

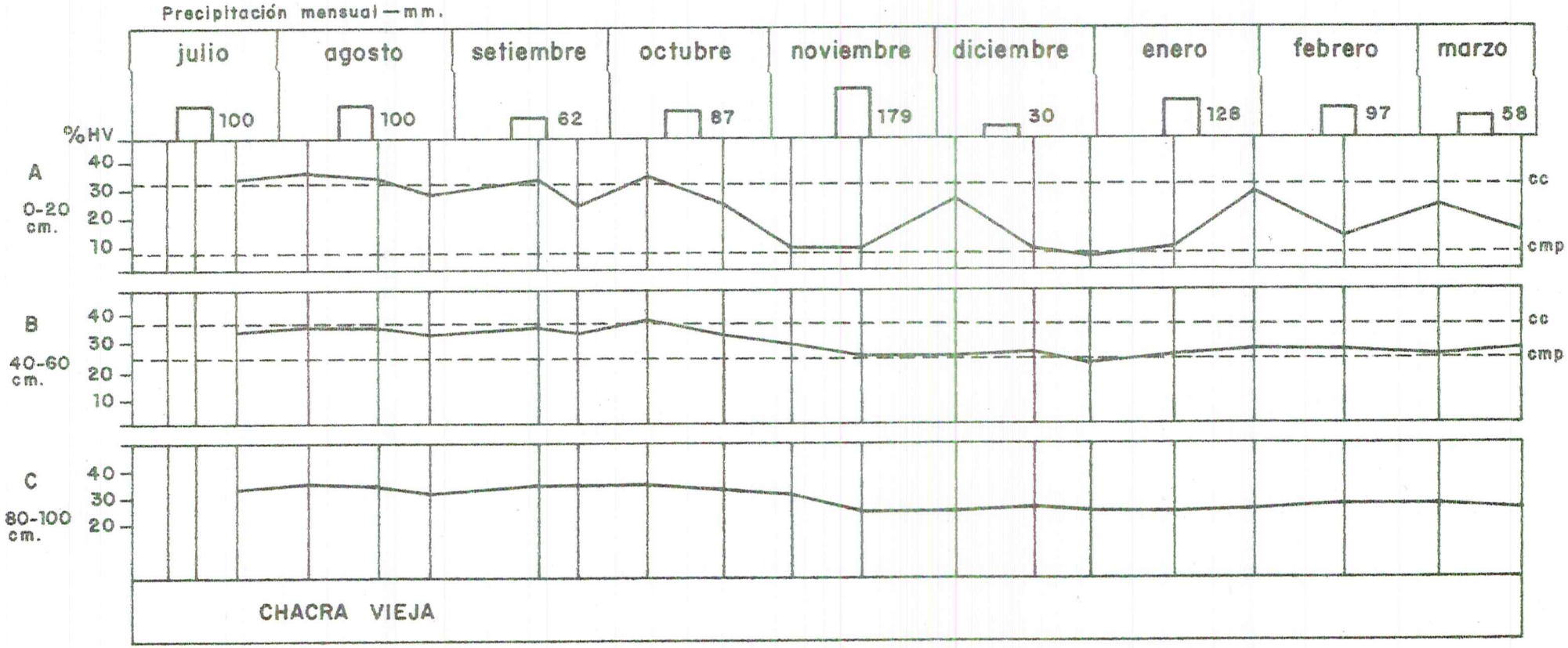
BRUNOSOL Rg — CAMPO NATURAL



Gráfica Nº 32

PERFIL DE HUMEDAD

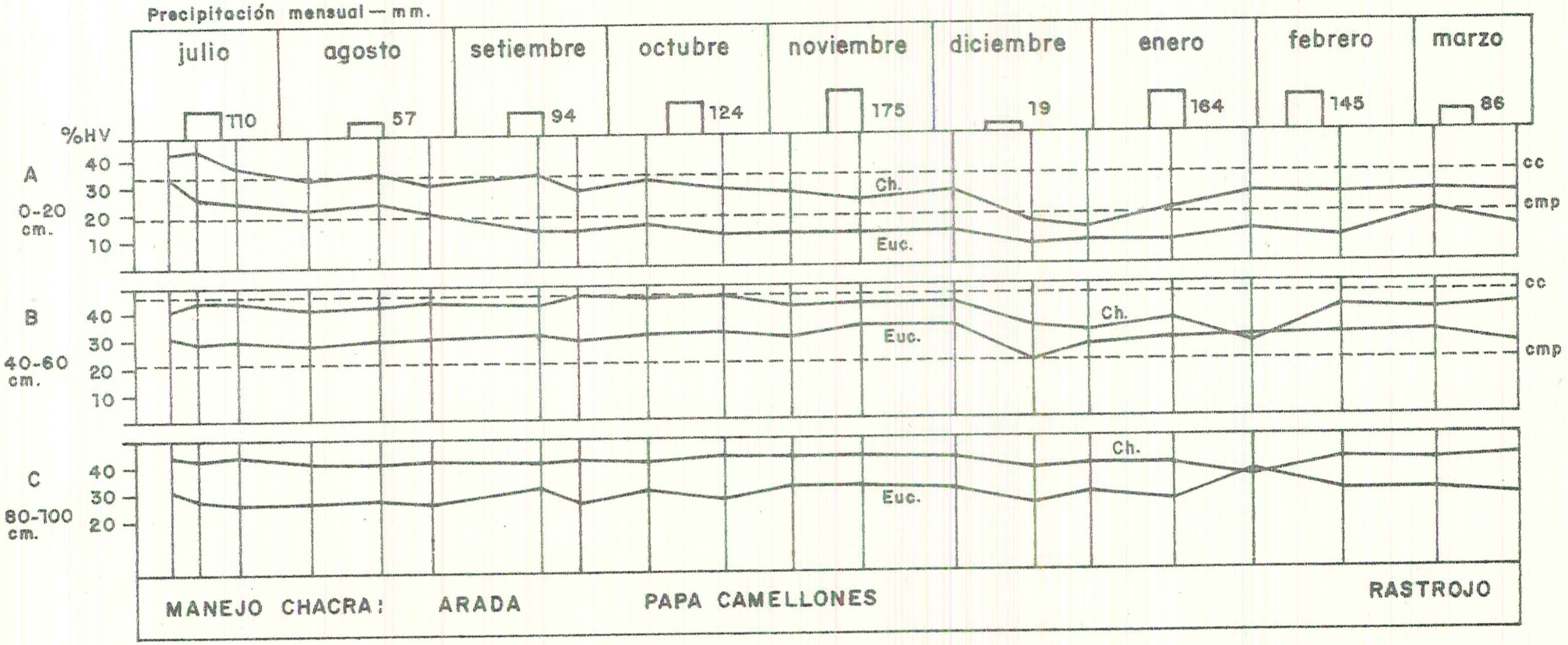
ARGISOL Me — PRADERA REGENERADA



Gráfica Nº 33

PERFIL DE HUMEDAD

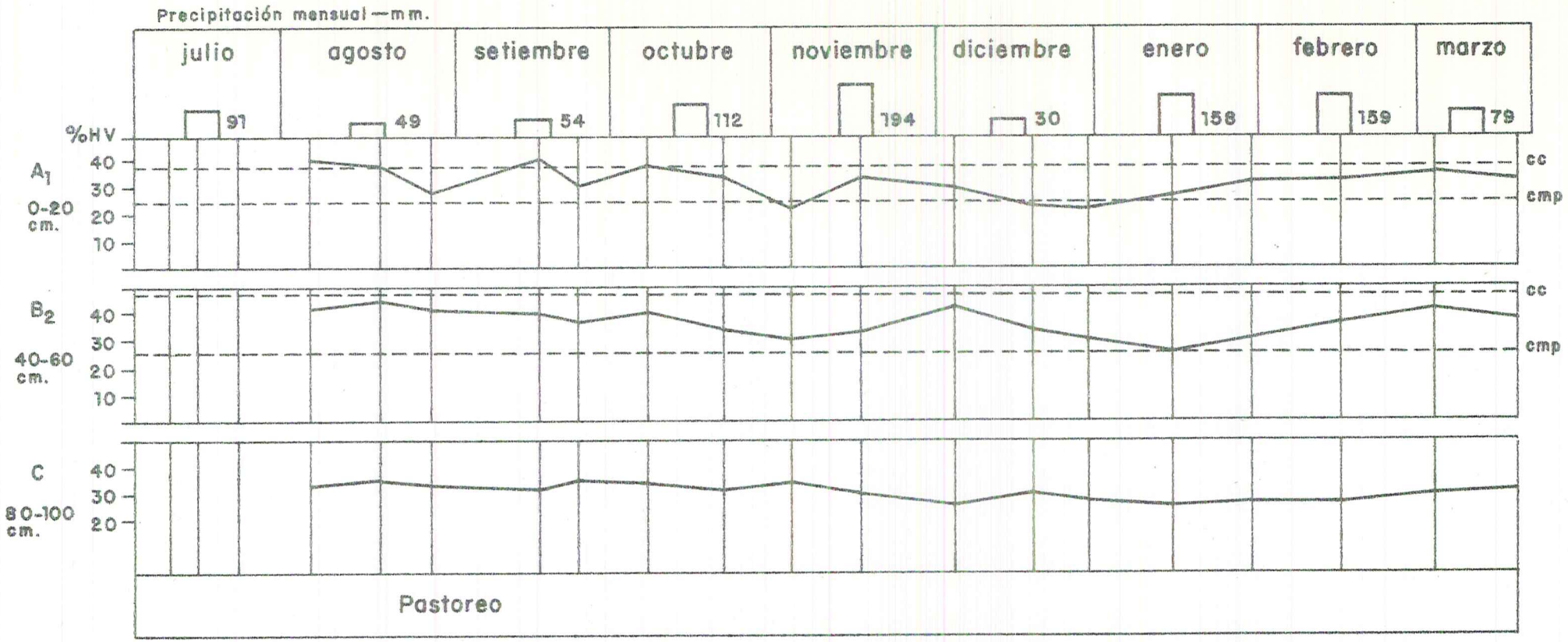
ARGISOL Cs — CHACRA — MONTE DE EUCALIPTUS



Gráfica Nº 34

PERFIL DE HUMEDAD

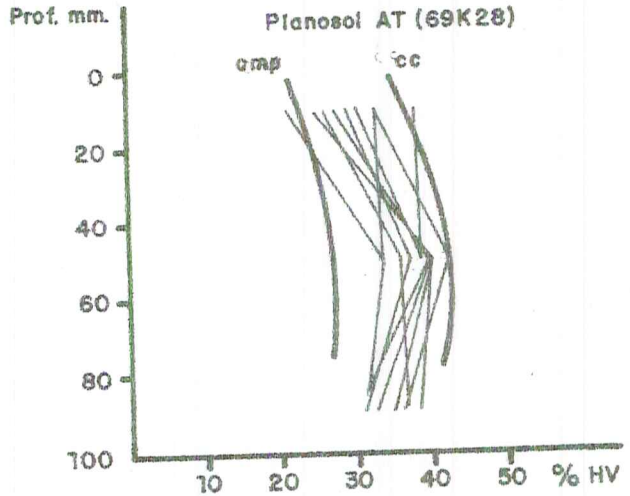
BRUNOSOL NH – PRADERA ARTIFICIAL



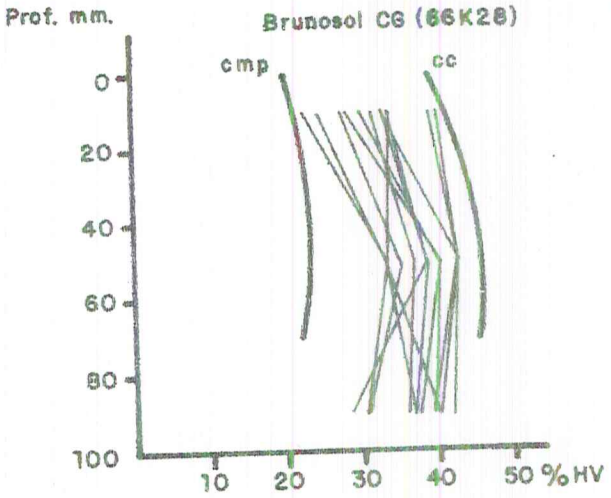
Gráfica Nº 35

PERFIL DE HUMEDAD

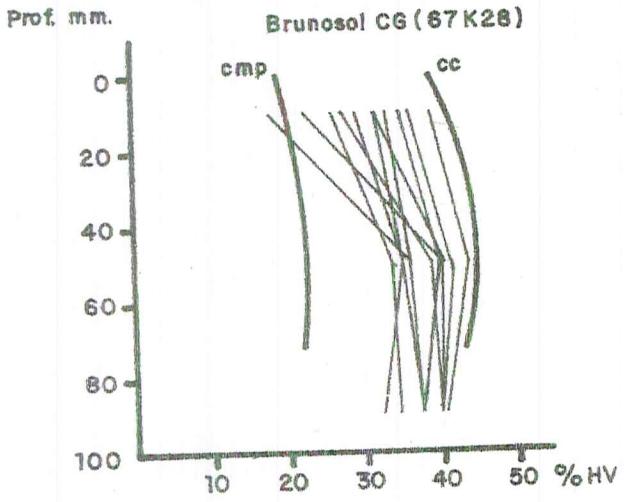
DISTRIBUCION DE LA HUMEDAD VOL. DEL SUELO (agosto - marzo 1981)



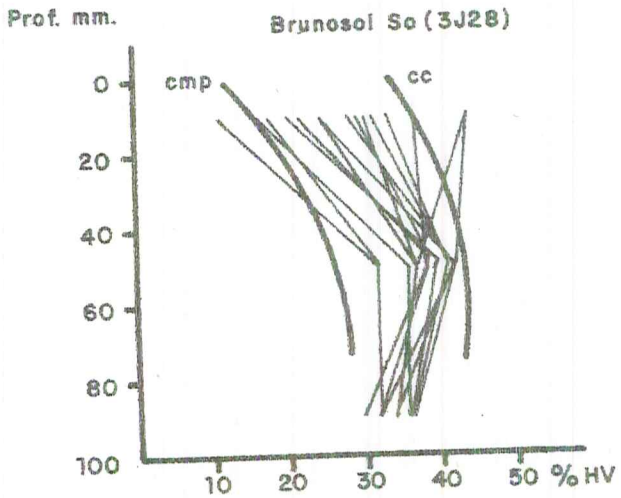
Gráfica Nº 36



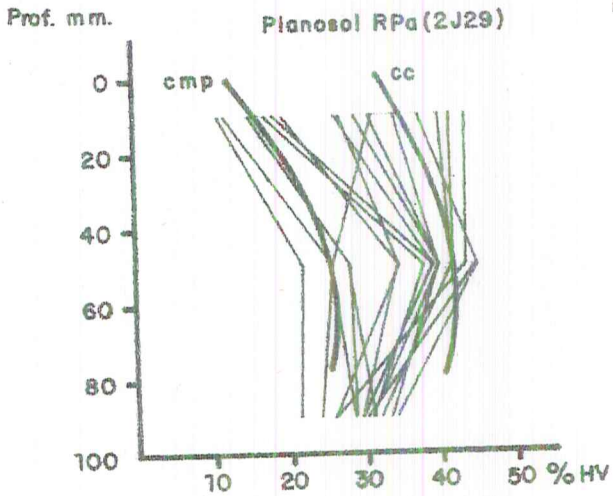
Gráfica Nº 37



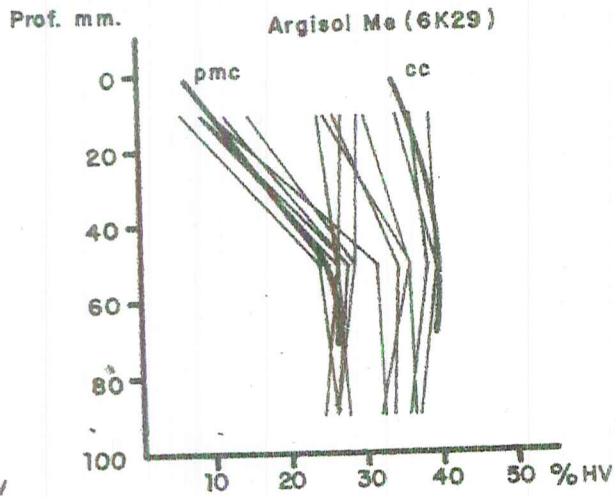
Gráfica Nº 38



Gráfica Nº 39



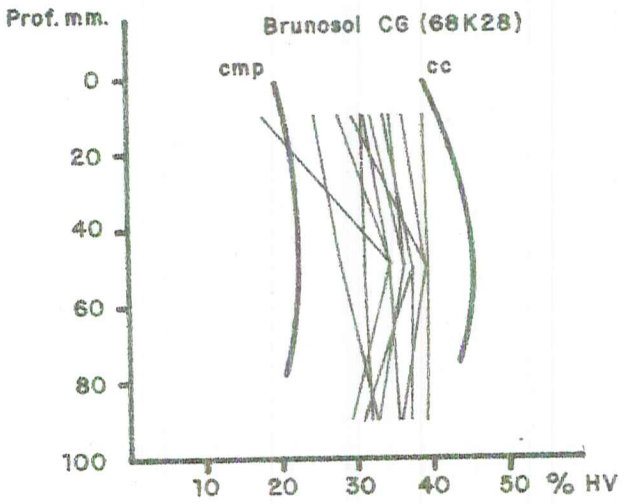
Gráfica Nº 40



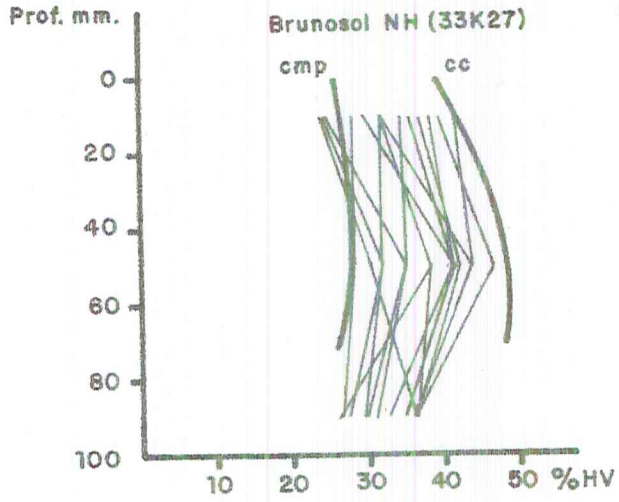
Gráfica Nº 41

PERFIL DE HUMEDAD

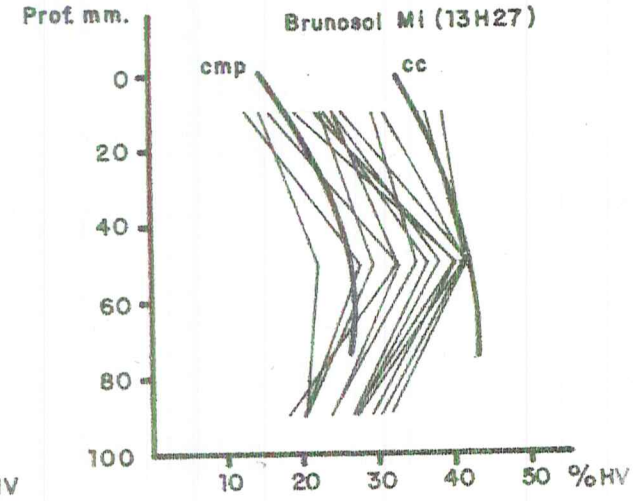
DISTRIBUCION DE LA HUMEDAD VOL. DEL SUELO (agosto - marzo 1981)



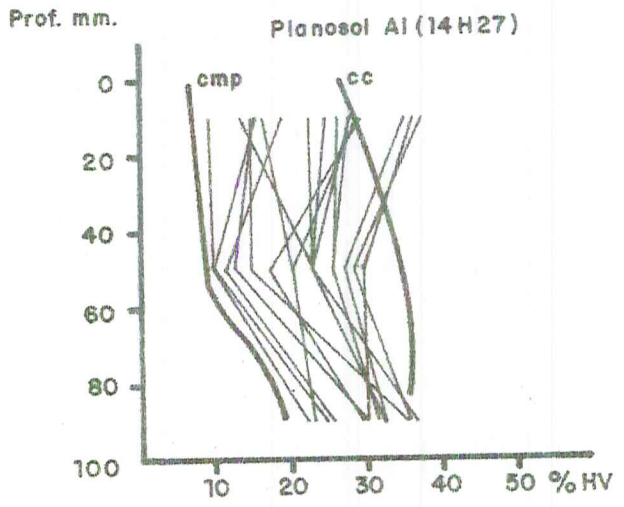
Gráfica Nº 42



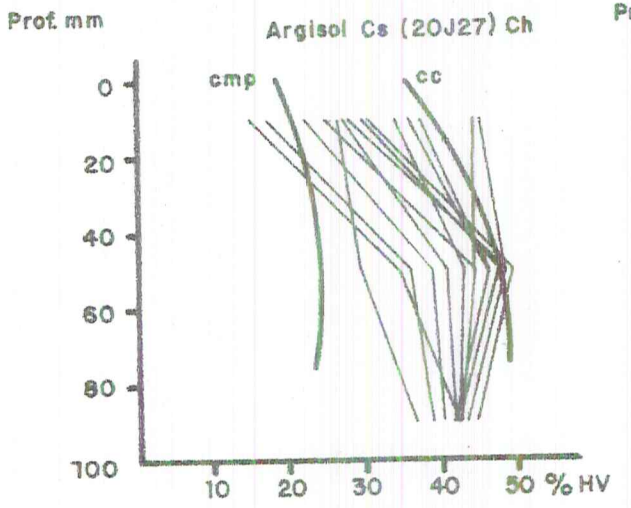
Gráfica Nº 43



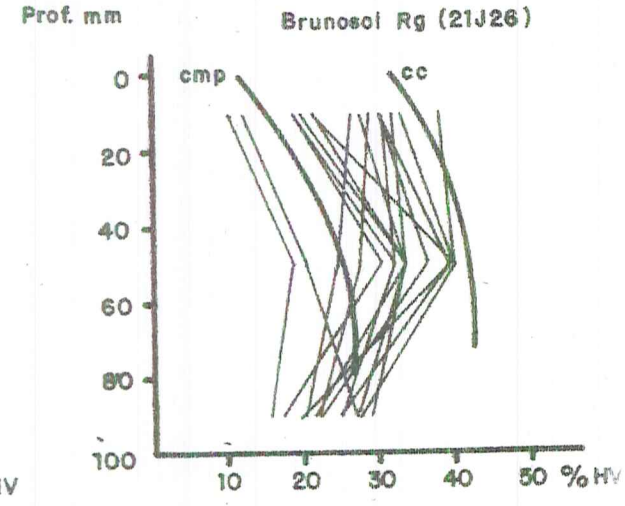
Gráfica Nº 44



Gráfica Nº 45



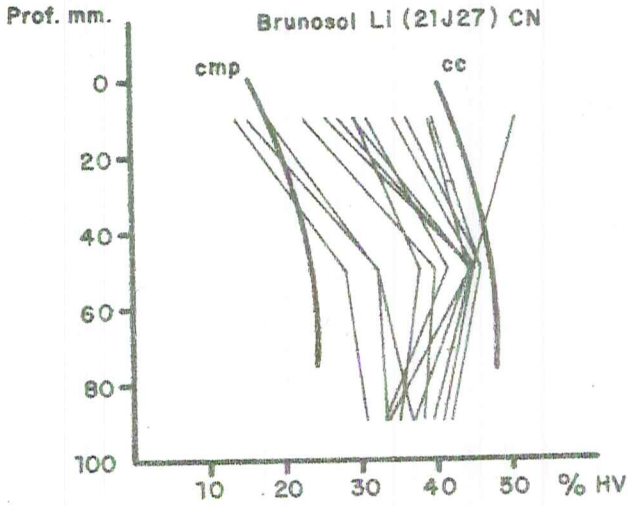
Gráfica Nº 46



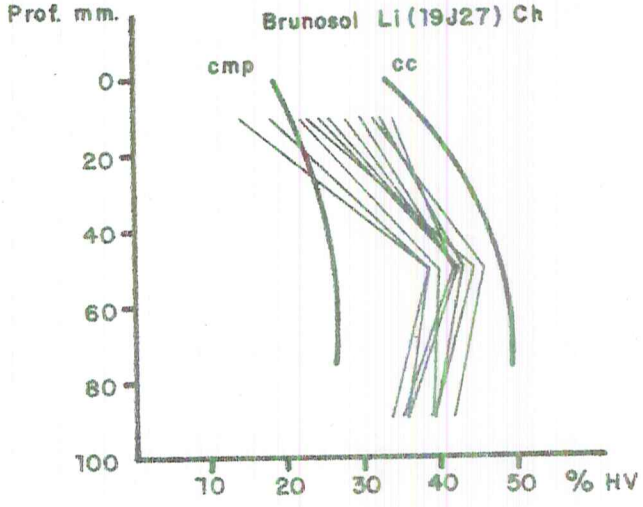
Gráfica Nº 47

PERFIL DE HUMEDAD

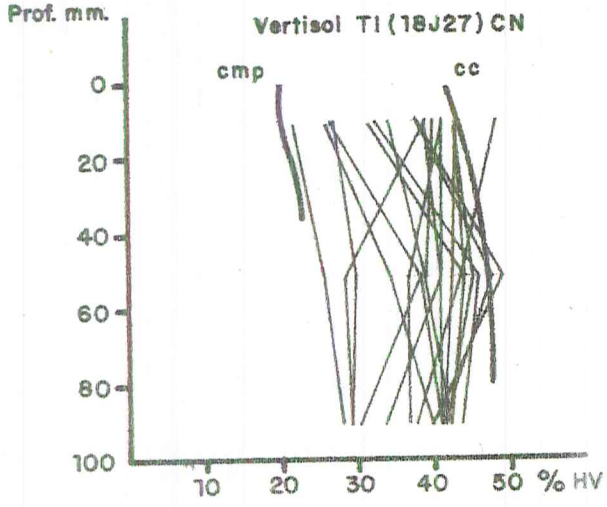
DISTRIBUCION DE LA HUMEDAD VOL. DEL SUELO (agosto - marzo 1981)



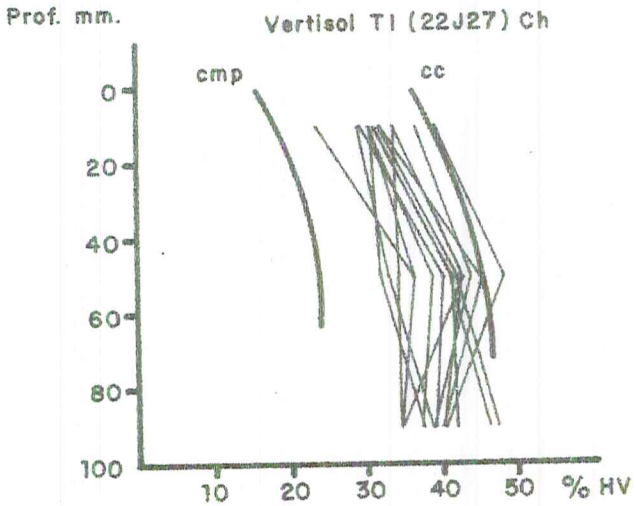
Gráfica Nº 48



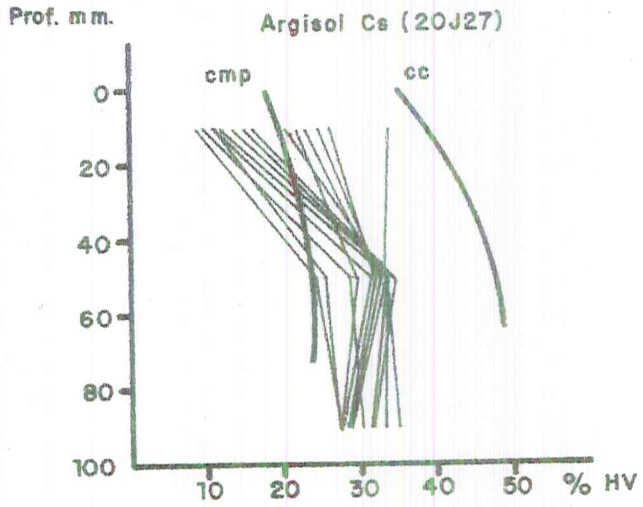
Gráfica Nº 49



Gráfica N% 50



Gráfica Nº 51



Gráfica Nº 52

Discusión

Los datos del Cuadro N°8 cobran significación cuando, a partir de ellos, se deduce el agua realmente disponible a las plantas, la que es función de la profundidad de los horizontes tenidos en cuenta, pero fundamentalmente de la aptitud exploratoria del suelo por las raíces de los vegetales que en él se desarrollan.

Un tercer elemento, de gran trascendencia, es el clima, con sus aportes de agua (precipitación) y extracciones (evapotranspiración).

Los objetivos de este trabajo son fundamentalmente la de comparar los suelos agrícolas de esta región, que como ya lo hemos manifestado, por su poca extensión, no manifiesta grandes diferencias climáticas. De todos modos, con el propósito de poder comparar estos suelos, en su riesgo de sequía, con aquellos de otras zonas climáticas, se hace el balance hídrico (Capítulo $VII_{2.7}$).

En el Cuadro N°9 se analizan los suelos, indicando dos tipos de elementos:

1. los déficits de agua, es decir los contenidos de agua menores al coeficiente de marchitez permanente, constatadas en los horizontes A y B en el período 6/8/80 al 19/3/81.

2. el agua disponible del suelo, en función de la profundidad de cada horizonte y expresada en mm de agua (1 ts/m^2/dm de prof. de suelo), considerando 3 profundidades de arraigamiento:

   a. Horizonte A + B — válido para cultivos agrícolas en general
   b. Horizonte A — válido para cultivos muy exigentes en aereación radicular y que no exploran el horizonte B
   c. Hasta la profundidad de arraigamiento, considerando el A, B y parte del C (hasta 120 cm). Esto es válido para pastos en general, árboles y frutales.

Del análisis de estos elementos surge como fundamental para evaluar un riesgo de sequía, conocer el arraigamiento que logran, en los diferentes suelos, el cultivo a desarrollar.

CUADRO 8 CAPACIDAD DE RETENCION DE AGUA

Suelo	Horizonte.	Espesor cm.	Textura			M.O %	Grs.Raices en 100 cc. tierra seca	Porosidad %			D. Aparente (*)	% Humedad volumétrica a				Agua disponible % V
			Arcilla %	Limo %	Arena %			Microporosidad	Macroporosidad	Total		0.1 at. CC	0.33 at.	1.0 at.	15 atm. CMP	
2 J 29 Planosol R Pa	A	30	25.12	63.44	11.44	3.05	0.64	31.52	15.25	46.77	1.3392	31.50	27.03	24.93	11.35	20.15
	B	60	48.24	43.14	8.62	1.55	0.14	42.04	-	40.69	1.4943	42.03	41.19	40.30	25.50	16.53
13 H 27 Brunosol Mi	A	35	23.28	21.16	55.56	3.01	0.67	30.91	18.49	49.40	1.2868	32.36	27.86	25.45	14.91	17.45
	B	30	43.84	16.16	40,00	1.90	0.04	41.72	2.71	44.43	1.3960	41.69	40.16	38.99	26.97	14.72
14 H 27 Planosol Al	A	50	9.08	8.28	82.64	1.63	0.61	25.52	15.65	41.17	1.5180	25.50	21.77	18.75	6.03	19.47
	B	65	34.84	5.34	59.82	1.27	0.14	35.38	5.25	40.63	1.5178	35.34	33.78	31.64	17.11	18.23
33 K 27 Brunosol NH	A	25	39.74	35.28	24.98	3.94	0.22	38.99	7.73	46.72	1.3151	38.99	36.01	33.35	25.59	13.40
	B	25	46.73	33.38	19.88	2.24	0.09	48.32	3.72	52.04	1.1842	48.34	46.57	44.99	26.15	22.19
66 K 28 Brunosol CG	A	20	33.18	55.26	11.56	2.72	0.05	38.95	2.13	41.08	1.5038	38.96	36.51	33.71	29.07	19.88
	B	50	49.22	41.70	9.08	2.15	0.03	45.30	0.95	45.99	1.3521	45.32	44.29	43.22	22.59	22.73
69 K 28 Planosol ATo	A	30	28.62	60.32	11.06	2.59	0.12	34.82	12.94	47.76	1.3288	34.80	31.26	28.52	21.87	12.93
	B	50	48.70	43.42	7.88	1.52	0.02	42.12	3.00	45.13	1.3831	42.11	40.73	39.90	26.80	15.31
3 J 28 Brunosol So	A	20	27.82	50.72	21.46	3.66	0.90	33.29	16.30	49.59	1.2654	33.27	28.83	26.86	12.07	21.19
	B	50	47.44	39.20	13.36	3.11	0.09	43.09	1.64	44.73	1.3594	43.13	41.13	40.00	26.49	16.64
21 J 26 Brunosol Rg	A	25	19.92	18.80	61.16	3.46	1.50	31.13	12,38	43,50	1.4357	31.13	27.92	25.77	11.28	19.85
	B	35	45.24	14.30	40.46	1.97	0.18	40.78	5.35	46.13	1.3351	40.78	38.48	36.45	22.66	16.12
6 K 29 Argisol Me	A	35	18.02	68.76	13.22	1.88	0.34	33.45	16.09	49.54	1.3011	33.42	24.98	22.67	6.91	26.51
	B	50	47.92	45.36	6.72	1.43	0.12	39.05	2.54	41.59	1.4809	39.08	37.42	35.85	27.70	11.38
18 J 27 Vertisol Te CN	A_{11}	25	40.92	55.34	3.74	7.31	0.73	42.22	13.27	55.29	1.1138	42.22	40.20	38.90	22.12	20.10
	A_{12}	65	37.62	57.54	4.84	4.16	0.09	40.16	11.56	51.73	1.2256	40.16	37.92	36.78	19.77	20.39
19 J 27 Brunosol Li Ch	A	15	27.08	65.90	7.02	2.36	0.35	32.82	21.93	54.75	1.1548	32.82	29.44	26.38	15.43	17.39
	B	60	49.05	46.48	4.48	2.00	0.06	48.40	-	48.01	1.3544	48.40	47.51	46.92	22.83	25.57
20 J 27 Argisol Cs	A	15	27.82	63,48	8.70	2.78	0.43	34.56	15.25	-	1.2725	34.56	31.50	30.06	15.69	18.87
	B	55	52.28	42.24	5.48	1.96	0.02	27.53	-	47.19	1.3839	47.53	46.47	45.51	23.81	23.72
21 J 27 Brunosol Li CN	A	30	26.52	66.58	6.9	3.61	0.55	39.94	7.57	47.51	1.3222	39.94	37.14	35.27	15.70	24.24
	B	70	49.30	46.00	4.7	2.24	0.13	46.45	-	46.37	1.3984	46.45	45.46	44.67	22.97	23.48
22 J 27 Vertisol Tl Ch	A	25	39.00	56.24	4.76	4.10	0.34	35.64	26.81	62.45	0.9579	35.64	32.99	31.84	20.21	15.43
	B	55	46.12	49.34	4.54	2.37	0.09	46.32	4.95	51.27	1.2536	46.32	44.97	44.16	21.90	24.92

(*) Determinación en muestra para curvas de retención de humedad.

CUADRO 9

DISPONIBILIDAD DE AGUA

Suelo	Uso Actual	Pendiente %	Horizonte	Espesor Horizonte cm.	Prof. Arraigamiento cm.	Nºdías % HV< CMP 6/8 al 19/3/81	% HV disponible (0,1-15 bars)	Agua disponible del suelo (mm)				
								Considerando arraigamiento AyB	Total	Considerando arraiga. A, ByC(hasta 120)	Total	Considerando arraiga. solo A
14 H 27 Planosol Al	C.Natural	3	A	50	120	0	19,47	97,35	215,85	97,35	224,96	97,35
			B	65		0	18,23	118,50		127,61		
18 J 27 Vertisol Tl	C.Natural	3	A	25	120	1	20,10	50,25	182,78	50,25	243,96	50,25
			B	65		0	20,39	132,53		193,70		
22 J 27 Vertisol Tl	Chacra	2,5	A	25	120	0	15,43	38,57	172,88	38,57	270,56	38,57
			B	55		0	24,42	134,31		231,99		
66 K 28 Brunosol CG	Viña	0,25	A	20	120	0	19,88	39,76	153,41	39,76	267,06	39,76
			B	50		0	22,73	113,65		227,30		
67 K 28 Brunosol CG	Viña	2,5	A	15	120	2	19,88	29,82	166,20	29,82	268,48	29,82
			B	60		0	22,73	136,38		238,66		
68 K 28 Brunosol CG	Viña	1	A	15	120	0	19,88	29,82	143,47	29,82	268,48	29,82
			B	50		0	22,73	113,65		238,66		
19 J 27 Brunosol Li	Chacra	1,5	A	15	75	5	17,39	26,08	179,50	26,08	294,56	26,08
			B	60		0	25,57	153,42		268,48		
21 J 27 Brunosol Li	C.Natural	1	A	30	120	21	24,24	72,72	237,08	72,72	284,04	72,72
			B	70		0	23,48	164,36		211,32		
33 K 27 Brunosol NH	Pradera	3	A	25	120	20	13,40	33,50	88,98	33,50	244,30	33,50
			B	25		0	22,19	55,48		210,80		
69 K 28 Planosol ATo	Viña	0,5	A	30	120	10	12,93	38,79	115,34	38,79	176,58	38,79
			B	50		0	15,31	76,55		137,79		
20 J 27 Argisol Cs	Chacra	1	A	15	75	22	18,87	28,30	158,76	28,30	277,36	28,30
			B	55		0	23,72	130,46		249,06		
Argisol Cs'	Eucaliptus	1	A	15	120	185	18,87	28,30	158,76	28,30	277,36	28,30
			B	55		0	23,72	130,46		249,06		
6 K 29 Argisol Me	Rastrojo Empastado	1	A	35	120	9	26,51	92,78	149,68	92,78	189,51	92,78
			B	50		14	11,38	56,90		96,73		
2 J 29 Planosol RPa	Rastrojo Empastado	1,5	A	30	120	11	20,15	60,45	159,63	60,45	209,22	60,45
			B	60		11	16,53	99,18		148,77		
13 H 27 Brunosol Mi	Chacra	5	A	35	75	20	17,45	61,07	105,23	61,07	186,19	61,07
			B	30		18	14,72	44,16		125,12		
21 J 26 Brunosol Rg	C.Natural	10	A	25	120	12	19,85	49,62	106,04	49,62	202,76	49,62
			B	35		32	16,12	56,42		153,14		
3 J 28 Brunosol So	Avena	3	A	20	120	10	21,19	42,38	125,58	42,38	208,78	42,38
			B	50		19	16,64	83,20		166,40		

JCS/jp

En relación a los déficits de agua vemos en ello varias influencias:

a. El tipo de vegetación y manejo del suelo. Bajo eucaliptus el déficit a nivel de horizonte A es máximo, explicable por la gran demanda de agua de la especie y su hábito radicular preponderantemente superficial.

La vegetación de pastos provoca más déficits que las chacras, hecho observable al comparar los déficits en los horizontes A del Vertisol T1 (18 t 22 J 27) y el Brunosol Li (19 y 21 J 27). El hecho es más marcado en este último. La explicación está dada por el mayor volumen de raíces en la pradera, lo que apareja una mayor transpiración.

Las chacras en estos suelos presentan más humedad estival que bajo pasto, aunque menor humedad invernal, hecho explicable por la menor infiltración en chacras y la baja traspiración en esa época del año

La viña presenta déficits mínimos, explicables por el intenso laboreo del suelo, que elimina las malezas y su menor área foliar. Se comprueba el bajo nivel de arraigamiento superficial bajo este uso. Es un cultivo que evidentemente presenta gran arraigamiento, aprovechando el agua disponible hasta gran profundidad.

b. La topografía muestra su influencia en algunos suelos. El perfil 67 K 28 bajo viña presenta más déficit que sus similares 66 y 68 K 28, por ocurrir en ladera de mayor pendiente.

Este efecto se observa también en los suelos 13 H 27, 3 J 28 y 21 J 26 que presentan los mayores déficits, en A y B, y al mismo tiempo las mayores pendientes.

Este aspecto ya fue analizado en el Capítulo $VII_{2.3.}$

c. El perfil del suelo tiene también efecto, constatándose déficits importantes en A y B, a pesar de su posición topográfica favorable (bajos planos) en suelos muy diferenciados limo arcillosos: Planosol RPa, Argisol Me, Planosol AT y Argisol Cs.

Bajo viña, el Planosol AT tiene más déficit que los Brunosoles de ladera bajo el mismo uso.

- Como conclusión parcial se puede decir que el tipo de vegetación afecta la frecuencia de los déficits de agua, fundamentalmente a nivel del horizonte A.

- El efecto de la topografía y el tipo de suelo es también notorio, afectando tanto al A como al B. La frecuencia de los déficits aumentan con la pendiente, y con la diferenciciñn del suelo por lo menos en las texturas limo arcillosas.

La explicación de esto está en la menor infiltración de agua en el suelo a mayor pendiente y el menor humedecimiento del horizonte B en los muy diferenciados. Estos últimos suelos suelen estar, luego de una lluvia, muy húmedos en el A y poco húmedos en el B. La evapotranspiración luego supera la velocidad de humedecimiento del B y gran parte del agua se pierde. Esto debe ser facilmente detectable observándo el perfil de humedad de los gráficos 36 al 52.

En relación a la disponibilidad de agua se confirman las conclusiones anteriores, aunque en este aspecto cobra gran interés la profundidad de arraigamiento.

En campos naturales, praderas, bosques y frutales, es decir con vegetación permanente, la profundidad de arraigamiento (Capítulo $VII_{2.4}$) supera el metro, pudiéndose considerar 1.20 m.
Con este volumen de suelo explorado siempre existe más de 175 mm de agua disponible, con valores de hasta 294 mm en el Brunosol Li. Es decir que bajo estos usos, el riesgo de sequía es mínimo en casi todos los casos, salvo tal vez para algunos frutales calcifugos que no pueden prosperar con arraigamiento profundo en suelos como Vertisol Tl y Brunosol NH.

Para los cultivos en general, sobre todo los de verano, donde se notan los déficits hídricos, hemos considerado de acuerdo a las observaciones del Capítulo $VII_{2.4}$ un arraigamiento restringido a los horizontes A y B. Considerando este arraigamiento se notan grandes diferencias entre suelos, basados en su capacidad de almacenar agua disponible a las plantas y la profundidad de sus horizontes. Los valores son bajos con 88 mm disponibles en el suelo moderadamente profundo (Brunosol NH) hasta altos, con 215 mm en el Planosol arenoso Planosol Al.

El espesor del horizonte A es muy importante en plantas que exigen al mismo tiempo buena aereación del suelo y humedad; para ese tipo de cultivos, suelos del tipo de Planosol Al, Vertisol Tl, Brunosol Li, Argisol Me, Brunosol Mi, Planosol RPa, resultan adecuados, pudiendo el riego tener gran respuesta, en los más susceptibles a la seca (Argisol Me, Brunosol Mi, Planosol RPa)

$VII_{2.6}$ Factor Manejo

Este elemento es fundamental en la disponibilidad de agua del suelo, pues las prácticas de manejo del suelo, tendientes a incrementar su incorporación al suelo y disminuir sus pérdidas, son básicas para el buen suministro de agua al cultivo.

Las prácticas de manejo del suelo tendientes a enlentecer el escurrimiento superficial, además de propender a la conservación del suelo frente a la erosión hídrica, aumentan la infiltración y por lo tanto el volumen de agua que el suelo puede almacenar. Aradas en curvas de nivel, terrazas, etc. aumentan este caudal de agua .

Las carpidas mecánicas o químicas, eliminando toda la competencia de vegetales ajenos al cultivo, es fundamental para un buen suministro de agua.

Esto se ve muy claro observando que bajo viña, con gran cuidado en el manejo del suelo en este aspecto, no se manifiestan déficits hídricos.

$VII_{2.7}$ Balance hídrico

Se analiza la dinámica de las reservas de agua de los diferentes suelos, bajo los efectos climáticos. Esto permitirá una más precisa comparación con suelos similares de otras regiones climáticas del país.

Se determinan mensualmente los déficits de agua a 3 profundidades (Horizonte A, A + B y hasta 120 cm), bajo los siguientes supuestos:

1. Ausencia de escorrentía (pendiente nula)
2. Suelo cubierto de vegetación
3. Reserva de agua disponible por igual

Resultados

Los valores de reserva de agua (R) para cada suelo, a las diferentes profundidades, son aquellas del cuadro N°9 pertenecientes al Capítulo $VII_{2.5}$.

En el Cuadro N°10 se observan los parámetros climáticos utilizados

Cuadro N°10 Balance Hídrico Canelones -Montevideo

Mes	P	ETP	DP	EP
Enero	80	128	48	0
Febrero	72	104	42	0
Marzo	92	92	0	0
Abril	92	59	0	33
Mayo	92	40	0	52
Junio	82	26	0	56
Julio	70	25	0	45
Agosto	80	30	0	50
Setiembre	87	41	0	46
Octubre	72	62	0	10
Noviembre	75	90	15	0
Diciembre	67	115	48	0

Referencias:

P Precipitación promedio regional (Atlas Climatológico)

ETP Evapo Transpiración Potencial. Para Montevideo, Método Thornthwhite 1946-1970 (Carro, 1981)

DP Déficit de las precipitaciones (ETP- P)

EP Exceso de las precipitaciones (P - ETP)

En los Cuadros Nos. 11 al 13 se observan los totales de la reserva de agua (R) a las 3 profundidades estudiadas, para el período anual.

Por ser datos de largas estadísticas, resultan los valores de más probable ocurrencia.

Se calcularon en base a determinaciones mensuales de los Déficits de las Precipitaciones, Perdida de la Reserva del Suelo, Exceso de Precipitaciones y Ganancia de la Reserva.

CUADRO N°11 Valor de la Reserva de agua (R) (mm)

Horizonte A

Mes / Suelo	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
Argisol Cs (Ch)	0	0	0	28	28	28	28	28	28	28	13	0
Argisol Me	0	0	0	33	85	93	93	93	93	93	78	30
Planosol RPa	0	0	0	33	60	60	60	60	60	60	45	0
Brunosol So	0	0	0	33	42	42	42	42	42	42	27	0
Brunosol Mi	0	0	0	33	61	61	61	61	61	61	46	0
Brunosol Rg	0	0	0	33	50	50	50	50	50	50	35	0
Planosol AT	0	0	0	33	39	39	39	39	39	39	24	)
Brunosol NH	0	0	0	33	33	33	33	33	33	33	18	0
Brunosol Li (CN)	0	0	0	33	73	73	73	73	73	73	58	10
Brunosol Li (Ch)	0	0	0	26	26	26	26	26	26	26	11	0
Brunosol CG	0	0	0	33	40	40	40	40	40	40	25	0
Vertisol TL (Ch)	0	0	0	33	39	39	39	39	39	39	24	0
Planosol Al	0	0	0	33	85	97	97	97	97	97	82	34

CUADRO N°12 Valor de la Reserva de agua (R) (mm)

Horizonte A + B

Mes / Suelo	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
Brunosol CG	42	0	0	33	85	141	153	153	153	153	138	90
Brunosol Li (Ch)	69	23	23	56	108	164	180	180	180	180	165	117
Brunosol Li (CN)	126	84	84	117	169	225	237	237	237	237	222	174
Brunosol NH	0	0	0	33	85	89	89	89	89	89	74	26
Planosol AT	4	0	0	33	85	115	115	115	115	115	100	52
Brunosol Rg	0	0	0	33	85	106	106	106	106	106	91	43
Brunosol Mi	0	0	0	33	85	105	105	105	105	105	90	42
Brunosol So	15	0	0	33	85	126	126	126	126	126	111	63
Planosol RPa	49	7	7	40	92	148	160	160	160	160	145	97
Argisol Me	39	0	0	33	85	141	150	150	150	150	135	87
Argisol Cs (Ch)	48	6	6	39	91	147	159	159	159	159	144	96
Planosol Al	105	63	63	96	148	204	216	216	216	216	201	153
Vertisol Tl(Ch)	62	20	20	53	105	161	173	173	173	173	158	110

CUADRO N°13 Valor de la Reserva de Agua (R) (mm)

Hasta 120 cm

Mes / Suelo	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
Planosol RPa	98	56	56	89	141	197	209	209	209	209	194	146
Brunosol So	98	50	50	83	135	191	209	209	209	209	194	146
Brunosol Mi	48	6	6	39	91	147	186	186	186	186	171	123
Brunosol Rg	92	50	50	83	135	191	203	203	203	203	188	140
Planosol AT	86	44	44	77	129	177	177	177	177	177	162	134
Brunosol NH	113	91	91	124	176	232	244	244	244	244	229	181
Brunosol Li (CN)	173	131	131	164	216	272	284	284	284	284	269	221
Brunosol Li (Ch)	184	142	142	175	227	283	295	295	295	295	280	232
Brunosol CG	156	114	114	147	199	141	267	267	267	267	252	204
Vertisol Tl (Ch)	160	118	118	151	203	259	271	271	271	271	256	208
Planosol Al	114	72	72	105	157	213	225	225	225	225	210	162
Argisol Cs (Ch)	166	124	124	157	209	265	277	277	277	277	262	214
Argisol Me	79	37	37	70	122	178	190	190	190	190	175	127

DISCUSION

Se observa que considerando la profundidad hasta 120 cm, válidos para casi todas las plantas perennes (pastos perennes y árboles), no existe déficit en ningún suelo.

El período crítico es febrero-marzo, notándose allí la máxima reserva en el Brunosol Li (142 - 131 mm) y la mínima en el Brunosol Mi (6 mm).

Considerando un arraigamiento que pueda tomar las reservas de los horizontes A + B, válido según nuestra opinión para cultivos anuales de arraigamiento profundo (sorgo, maíz, etc.), se manifiestan déficits (reserva 0) en las siguientes épocas:

Enero a marzo: Brunosol NH, Brunosol Rg, Brunosol Mi

Febrero a marzo: Brunosol CG, Planosol AT, Brunosol So, Argisol Me.

Los suelos Vertisol Tl, Planosol Al, Argisol Cs, Planosol RPa, Brunosol Li, no presentan déficits.

Si consideramos un arraigamiento superficial (horizonte A), factible en cultivos anuales de arraigamiento superficial exigentes en aereación(cebolla, ajo, papas), observamos que todos los suelos presenta déficits de diciembre a marzo, salvo Argisol Me, Brunosol Li, y Planosol Al que lo restringen a enero-marzo.

De esto se puede definir los riesgos más probables de acuerdo al suelo y la capacidad de arraigamiento del vegetal considerado.

Los suelos de menor riesgo son sin duda el Planosol Al y Brunosol Li de acuerdo al análisis anterior.

Estos supuestos, son muy teóricos dada la premisa de pendiente nula. El escurrimiento aumenta estos déficits y en ello la pendiente del suelo juega un rol fundamental.

No se pudieron sacar conclusiones respecto a la comparación del perfil de humedad (1980-1981) con el balance hídrico calculado. En todos los casos el calculado determinó mayor reserva de agua que la constatada. Esto, pensamos se debe en parte, a los errores de método (Thornthwhite) y al hecho de existir cierta distancia (varios Km) entre el sitio estudiado y el pluviometro donde se determinó la precipitación.

VII$_{2.8}$ Conclusiones

1. El tipo de vegetación, y el manejo del suelo que modifica su composición, afecta los déficits de agua, principalmente a nivel del horizonte A. Las plantas perennes por su gran área exploratoria del suelo, son las más extractoras de agua y las que menos sufren las secas.

2. Las mayores pendientes determinan mayores déficits de agua en el suelo, a nivel del horizonte B principalmente.

3. Los suelos limo arcillosos más diferenciados (Argisoles-Planosoles) presentan mayores déficits que el resto. Los Planosoles arenosos por el contrario presentan los menores déficits.

4. Los suelos estudiados, bajo vegetación perenne adaptada, no presentan practicamente riesgo de sequía. El riesgo se manifiesta en cultivos, fundamentalmente de verano.

5. Se propone la siguiente pauta para diferenciar suelos por su riesgo de sequía para cultivos, considerando un arraigamiento equivalente al solum (A + B).

   0. Muy Bajo — Agua disponible a las plantas mayor al nivel 1.
   1. Bajo — Más de 90 mm disponible en el horizonte A y más de 210 mm en el solum
      o más de 240 en el solum
   2. Algo Bajo — 70 - 90 o más mm disponibles en el horizonte A y más de 180 mm en el solum
      o 200 - 240 en el solum
   3. Medio a bajo — 50 - 70 o más mm disponibles en el horizonte A y más de 160 mm en el solum.
      o 170 - 200 mm en el solum
   4. Medio a alto — 25- 50 o más mm disponibles en el horizonte A y más de 130 mm en el solum
      o 140 - 170 mm en el solum
   5. Algo alto — 15 = 25 o más mm disponibles en el horizonte A y más de 100 mm en el solum
      o 110 - 140 mm en el solum
   6. Alto — 5 - 15 o más mm disponibles en el horizonte A y más de 70 mm en el solum
      o 80 - 110 mm en el solum
   7. Muy alto — Menos agua disponible a las plantas que el nivel 6.

Importante: Con pendientes mayores a 3.5% el riesgo se debe incrementar un grado, salvo suelos de texturas F. Arenosas o más gruesas.

Las prácticas de manejo de agua se debe ir incrementando junto al riesgo; van desde medidas sencillas (carpidas, aradas terrazas que aumentan la infiltración) en las clases bajas (1-2), hasta el riego obligado en las clases altas (6-7).

En la práctica se puede calcular el agua disponible en base a la determinación del % HV a Marchitez Permanente por la fórmula de Fernández y de la Humedad Equivalente por Nomograma (Ver Capítulo $VII_{2.2}$).

6. De acuerdo a la pauta antecedente los suelos estudiados se pueden agregar de la siguiente forma:

Riesgo de sequía bajo	Planosol Al
Riesgo de sequía algo bajo	Planosol Li
Riesgo de sequía Medio a Bajo	Vertisol Tl Brunosol Li
Riesgo de sequía Medio a alto	Brunosol CG, Argisol Cs, Argisol Me, Planosol R Pa.
Riesgo de sequía algo alto	Planosol AT, Brunosol Mi, Brunosol Rg, Brunosol So.
Riesgo de sequía alto	Brunosol NH

BIBLIOGRAFIA

BAVER , L.D., BARDNER, W.H. y GARDNER, W.R
"Física de Suelos" Trad. de la 4a. ed. inglesa por J. Rodríguez y Rodríguez. México, U.T.E.HA. 1973. 579 p.

FERNANDEZ, C.
Estimaciones de densidad aparente, retención de agua a tensiones de 1/3 y 1/5 bars y agua disponible en el suelo a partir de la composición granulométrica y porcentaje de materia orgánica. Reunión Técnica de la Facultad de Agronomía, 2da. Montevideo, Uruguay, 1979. Montevideo.

FORSYTHE, W.
Física de Suelos. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA. Libros y Materiales educativos, N°25. 1975. 212p.

HOFSTADTER, R.
Influencia de la composición mecánica y del contenido de materia orgánica sobre la disponibilidad de agua de los suelos. Tesis Ingeniero Agrónomo. Montevideo, Uruguay, Fac. de Agronomía, 1972 27 p.

MAXIMOV, N.A.
Fisiología Vegetal. Versión española por A. T. Hunziker de la 2da. ed. inglesa revisada y ampliada por R.B. Harvey y A.E. Murneek. Buenos Aires, Acme Agency 1948. 433 p.

PONCE DE LEON, R. y CAPURRO, M.
Caracterización física de suelos representativos del área granjera Sur" Tesis Ingeniero Agrónomo. Fac. de Agronomía de Montevideo, 1980,131 p.

TROCME, S, y GRAS, R.
Suelo y Fertilización en Fruticultura. Traducción por F. Cel Albert Velarde. Madrid. Mundi-Prensa, 1979. 380 p.

JCS/eag-jp
Abril, 1982