

RELACIONES ENTRE ALGUNOS PARAMETROS FISICOS Y LAS CONSTANTES DE HUMEDAD EN LA DETERMINACION DE LAMINAS DE AGUA PARA RIEGO

Luis A. Herrera R. *

Luis F. Valencia *

Adel E. González M. **

COMPENDIO

En muestras de los primeros 30 cm de conjuntos de suelos (2 inceptisoles de montaña y 22 de la parte plana) del Valle Geográfico del río Cauca, repetidas cuatro veces, se sembraron soya (*Glycine max*), maíz (*Zea mays*), sorgo (*Sorghum bicolor*), algodón (*Gossypium hirsutum*) y frijol (*Phaseolus vulgaris*), para establecer el porcentaje de humedad, en base seca, en el punto de marchitez permanente. En el laboratorio se cuantificó el punto de marchitez permanente, capacidad de campo, humedad equivalente, humedad higroscópica, punto de saturación y espacio aéreo. La densidad aparente se determinó por los métodos del núcleo (0, 1/3 y 15 atm) y Boxer Benceno para suelo seco en la estufa, en humedad higroscópica, en humedad equivalente y suelo en punto de marchitez permanente (método biológico). Los inceptisoles de montaña (Typic Dystrandepts) y los suelos de textura arcillosa retuvieron mayor contenido de humedad. En el orden vertisol, el conjunto Burriga de textura arcillosa (arcillas expandibles), y en el orden inceptisol de montaña, el conjunto Piendamó de textura franca (ceniza volcánica), presentaron comportamientos contrastantes en relación con los demás suelos. La densidad aparente se comportó de manera inversa al contenido de humedad, excepto en los inceptisoles de montaña. En los conjuntos Burriga y Sauce el contenido de macroporos fué inferior al 10 o/o. Los valores de humedad en el punto de marchitez permanente, obtenidos por el método biológico, fueron inferiores a los obtenidos en platos de presión, a 15 atmósferas.

ABSTRACT

Some physical properties of the soils (first 30 cm deep) of the plateau of the Cauca River Valley were studied as well as those of two mountain inceptisols, and their permanent wilting point was compared. In the greenhouse were planted soybean (*Glycine max*), corn (*Zea mays*), sorghum (*Sorghum bicolor*), cotton (*Gossypium hirsutum*) and beans (*Phaseolus vulgaris*), in samples of 24 sets of soils, with 4 replications. When the permanent wilting symptoms appeared, the percent humidity of the soil samples was determined (dry basis). In the laboratory were determined: permanent wilting point, field capacity, equivalent moisture, hygroscopic moisture, saturation point and air space. Apparent densities were determined by the core method (0, 1/3, and 15 atm) and the Boxer Benceno method for the oven-dried soil, at hygroscopic moisture, at equivalent moisture at permanent wilting point (biological method). Mountain inceptisols (Typic Dystrandepts) and clay texture soils retained higher moisture content. In the vertisol order, the clay texture set of Burriga (expandible clays), and the mountain inceptisol order, the Piendamó set of loam texture (volcanic ashes), showed a contrasting nature in relation to the rest of the soils. The apparent density had an inverse relationship with respect to the moisture content. The Burriga and Sauce sets showed air problems due to their macropore contents were below 10 o/o. Moisture values at permanent wilting point obtained by the biological method, were lower than those obtained in pressure plates at 15 atm.

* Estudiante de pre-grado. Universidad Nacional de Colombia. Palmira.

** Universidad Nacional de Colombia. Palmira.

1. INTRODUCCION

La variación marcada de los factores ambientales reduce los rendimientos de los cultivos y exige aplicaciones complementarias de agua, que se calculan con base en la cantidad de agua aprovechable que proporciona cada suelo, para garantizar una óptima producción.

Desde el punto de vista del manejo del suelo y de la economía del agua es importante conocer algunas propiedades físicas como densidad aparente en diferentes tensiones, constantes de humedad, espacio aéreo, punto de marchitez permanente y sus relaciones con el cálculo de láminas de riego para los cultivos comerciales.

2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Se recolectaron de 25-30 kg de los primeros 30 cm del horizonte A de 24 conjuntos de suelos (Cuadro 1), 22 de la zona plana del Valle geográfico del río Cauca, bosque seco tropical, y 2 Inceptisoles de montaña (Typic Dystrandeps), bosque húmedo sub-tropical (IGAC, 6).

Para determinar el punto de marchitez biológico se sembraron en recipientes de 1 kg semilla de soya (*Glycine max* var ICA-TUNIA), maíz (*Zea mays* var H-207), sorgo (*Sorghum bicolor* var Nataima 1), algodón (*Gossypium hirsutum* var Acala 15-17 Br), frijol (*Phaseolus vulgaris* var Diacol nima). Cuando las plantas presentaron de 3-4 pares de hojas verdaderas se suspendió el riego. Para evitar las pérdidas de agua por evaporación la materia se cubrió con cartón parafinado, algodón, plástico y asegurándolo con cinta adherente. Cuando la planta presentó los síntomas de marchitamiento se determinó el porcentaje de humedad en base seca a una muestra del suelo.

En el laboratorio se determinó la humedad higroscópica, punto de marchitez permanente por platos de presión (15 atm), capacidad de campo a 1/3 atm, humedad equivalente, punto de saturación (González, 4). La densidad aparente se determinó por el método del núcleo (Ruiz, 8) a 15, 1/3 y 0 atmósferas y por el método del boxer-benceno para suelo seco a la estufa, suelo seco a humedad higroscópica, suelo a punto de marchitez permanente (método biológico), suelo a humedad equivalente (González, 4).

La lámina de agua aprovechable (LAA) se calculó con base en las siguientes fórmulas:

Cuadro 1

Sitios de muestreo en el Valle geográfico del Río Cauca

No. de muestra	Orden	Conjunto de suelo	Textura
1		Nima	F
2		Florida	F
3		Palmira	F Arc.
4		Río Cauca	F L
5		Guadualito	F
6	Molisoles	Puente Molina	F Arc.
7		Manuelita	F Arc
8		Cartago	F
9		Río la Paila	F Arc
10		Río Palo	F
11		Galpón	F Arc
12	Vertisoles	Esneda	Arc
13		Burriaga	Arc
14		Juanchito	Arc L
15	Entisoles	Sauce	F
16		Palmaseca	F
17	Alfisoles	Tortugas	F Arc
18	Ultisol	Bachan	Arc
19		Palmeras	Arc
20		Bengala	F Arc
21	Inceptisoles de la parte plana	Novillera	F Arc
22		Puerto Tejada	Arc
23	Inceptisoles de montaña	Piendamó	F
24		Malabares	F

$$LAA = \frac{(CC - PMP) Da 1}{100 \times Dw} pr \quad (\text{Formula 1})$$

en donde: Dw = Densidad real del agua
Da 1 = Densidad aparente del suelo seco a la estufa

$$LAA = \frac{CC \times Da 2}{100 \times Dw} pr - \frac{PPM \times Da 3}{100 \times Dw} pr \quad (\text{Formula 2})$$

en donde: Da 2 = Densidad aparente en capacidad de campo 1/3 a tm.
Da 3 = Densidad aparente en punto de marchitez permanente, promedio del método biológico y de platos de presión 15 atm.

$$LAA = \frac{CC \times Da 2}{100 \times Dw} pr - \frac{PPMBiol. \times Da 4}{100 \times Dw} pr \quad (\text{Formula 3})$$

en donde: Da 4 = Densidad en punto de marchitez permanente método biológico.

El diseño estadístico empleado fué completamente al azar. Se estudiaron los factores de tipos de suelos (24 modalidades) y especies de plantas (5 modalidades). Para las determinaciones en el invernadero se usaron 4 repeticiones y en el laboratorio 3 repeticiones por conjunto de suelo. Se establecieron los coeficientes de correlación entre las variables: humedad higroscópica contra humedad en el punto de marchitez permanente (15 atm), capacidad de campo y humedad equivalente; punto de marchitez biológico contra el contenido de humedad a punto de marchitez permanente platos de presión (15 atm); capacidad de campo contra la humedad equivalente y constantes físicas de humedad contra sus densidades aparentes.

3. RESULTADOS

3.1. Humedad higroscópica.

La humedad higroscópica fluctuó entre 1.99 y 11.80 o/o, correspondien-

do los menores valores promedios a los molisoles (3.78 o/o), y los mayores al orden inceptisol de montaña (9.28 o/o), posiblemente por su alto contenido de alofana y materia orgánica.

El grado de asociación de la humedad higroscópica con las humedades en capacidad de campo, punto de marchitez, y humedad equivalente, fué altamente significativo.

3.2. Punto de marchitez permanente.

El contenido de humedad a punto de marchitez permanente, determinado en los platos de presión (15 atm), varió entre 9.58 y 41.08 o/o, correspondiendo los menores valores al orden molisol (15.15 o/o) y los mayores a los vertisoles (25.82 o/o), inceptisol de montaña (27.18 o/o) y ultisoles (28.94 o/o).

El porcentaje de humedad en el punto de marchitez permanente, determinado por el método biológico, varió de 4.4 a 26 o/o, presentando los menores valores el orden molisol (7.96 o/o) y los mayores los vertisoles (14.76 o/o), inceptisoles de montaña (19.36 o/o) y ultisoles (23.78 o/o).

Según la prueba de Duncan, las plantas de soya, maíz y sorgo llegaron al punto de marchitez con casi el mismo nivel de humedad en el suelo (11.8, 11.9 y 11.5 o/o respectivamente). El frijol lo alcanzó con los mayores niveles (12.7 o/o) y el algodón con los menores niveles (10.7 o/o). Los valores obtenidos para punto de marchitez permanente método biológico, fueron siempre inferiores a los obtenidos a 15 atm. de presión (figura 1). Las correlaciones entre el contenido de humedad en el punto de marchitez permanente según el método biológico y el de platos de presión (15 atm) fueron: soya = 0.93**, maíz = 0.92**, sorgo = 0.91**, algodón = 0.90** y frijol = 0.93** (Figura 2).

3.3. Capacidad de campo.

El rango promedio del contenido de humedad a capacidad de campo varió entre 21.43 y 64.34 o/o. El orden molisol presentó el menor valor (26.62 o/o) y los mayores ocurrieron en el orden vertisol (39.30 o/o), por su alto contenido de arcillas expandibles poseen mayor cantidad de microporos y retienen bastante humedad, y en el orden inceptisol de montaña (44.04 o/o), por el alto contenido de alofana y materia orgánica (Cuadro 2).

El agua aprovechable, determinado con base en el punto de marchitez platos de presión (15 atm), osciló entre 6.22 y 23.26 o/o, valores meno-

Cuadro 2

Densidad aparente según el contenido de humedad y espacio aéreo para los conjuntos del Valle del Cauca y 2 inceptisoles de montaña
(Typic Dystrandeps)

No.	Orden	DSS	DHH	o/oHHH	DPMP	o/oHPMP	DCC	o/oHCC	DHE	o/oHHE	DPS	o/oHPS	EAO	EAC
1	Molisol	1.57	1.45	6.37	0.99	22.08	0.91	28.29	1.04	31.46	0.82	61.23	13.4	24.5
2	"	1.52	1.44	2.75	1.14	11.52	1.08	25.57	1.07	27.49	1.03	43.58	16.5	17.3
3	"	1.57	1.47	4.90	1.13	22.18	1.03	33.58	1.07	39.64	0.83	67.18	20.0	21.2
4	"	1.61	1.57	2.83	1.48	11.49	1.28	25.48	1.26	25.57	0.99	45.74	16.5	12.7
5	"	1.65	1.55	2.17	1.27	9.58	1.21	20.45	1.28	21.61	1.05	42.52	19.7	19.8
6	"	1.64	1.62	2.77	1.50	13.25	1.30	23.37	1.44	24.24	1.04	42.33	16.5	14.7
7	"	1.65	1.53	7.08	1.42	19.49	1.14	26.82	1.27	34.03	1.05	55.76	16.7	27.98
8	"	1.62	1.48	3.33	1.20	14.49	0.95	29.11	1.14	30.80	0.93	50.70	16.7	19.5
9	"	1.60	1.58	1.99	1.48	11.04	1.24	21.43	1.35	24.47	1.05	52.04	16.5	26.5
10	"	1.60	1.50	3.59	1.30	16.34	1.08	32.54	1.21	32.67	0.90	60.43	25.7	19.2
11	Vertisol	1.76	1.62	3.86	1.51	17.42	1.30	28.31	1.39	28.52	1.09	47.47	16.7	14.9
12	"	1.66	1.61	5.46	1.30	18.95	1.10	25.27	1.22	32.54	0.93	54.9	13.4	23.3
13	"	1.75	1.70	11.24	1.16	41.08	0.88	64.34	0.85	70.19	0.73	88.36	7.26	8.5
14	Entisol	1.40	1.29	6.27	1.09	28.94	0.95	43.60	1.06	47.11	0.78	66.04	7.3	10.5
15	"	1.47	1.40	3.50	1.22	17.73	1.15	34.19	1.22	33.73	0.87	55.42	13.4	8.9
16	Alfisol	1.56	1.54	1.92	1.30	10.58	1.00	24.55	1.32	29.54	0.99	46.56	19.7	21.5
17	"	1.45	1.42	6.54	1.15	24.45	0.93	31.94	0.94	38.66	0.80	63.44	16.5	21.1
18	Ultisol	1.38	1.25	5.43	1.10	28.94	0.76	35.53	0.93	42.62	0.75	64.00	0.0	21.0
19	Inceptisol	1.72	1.61	4.45	1.28	18.23	1.15	30.52	1.30	32.83	0.97	54.35	16.7	17.6
20	"	1.54	1.43	3.31	1.28	18.05	1.11	32.57	1.24	34.10	0.90	57.00	18.7	15.2
21	"	1.51	1.46	4.86	1.06	22.50	0.87	35.69	1.01	36.44	0.96	60.54	10.3	21.0
22	"	1.47	1.42	4.69	1.14	22.44	1.05	43.76	1.11	41.12	0.87	66.62	16.5	12.0
23	Inceptisol de montaña	0.86	0.79	1.80	0.62	31.35	0.62	53.55	0.75	52.94	0.57	101.0	0.0	24.37
24	"	1.60	1.30	6.76	0.99	23.02	0.99	23.02	0.99	34.53	1.07	4.80	0.0	20.89

Cuadro 3

Porcentaje de humedad en el punto de marchitez permanente determinado en platos de presión y por el método biológico

Orden	SOYA	MAIZ	SORGO	ALGODON	FRIJOL	\bar{X}	o/oPMP P
Molisoles	8.44	8.09	7.60	7.18	8.48	7.96	15.14
Vertisoles	14.50	14.70	14.10	14.20	16.30	14.76	25.82
Entisoles	14.30	14.20	13.80	13.20	17.90	14.68	23.33
Alfisoles	9.35	9.00	8.05	9.40	10.00	9.16	17.01
Ultisoles	22.70	25.40	23.80	23.50	23.50	23.78	28.94
Inceptisoles	12.20	12.60	13.02	11.12	13.50	12.48	20.30
Inceptisoles	18.80	20.50	20.85	17.35	19.30	19.36	27.18

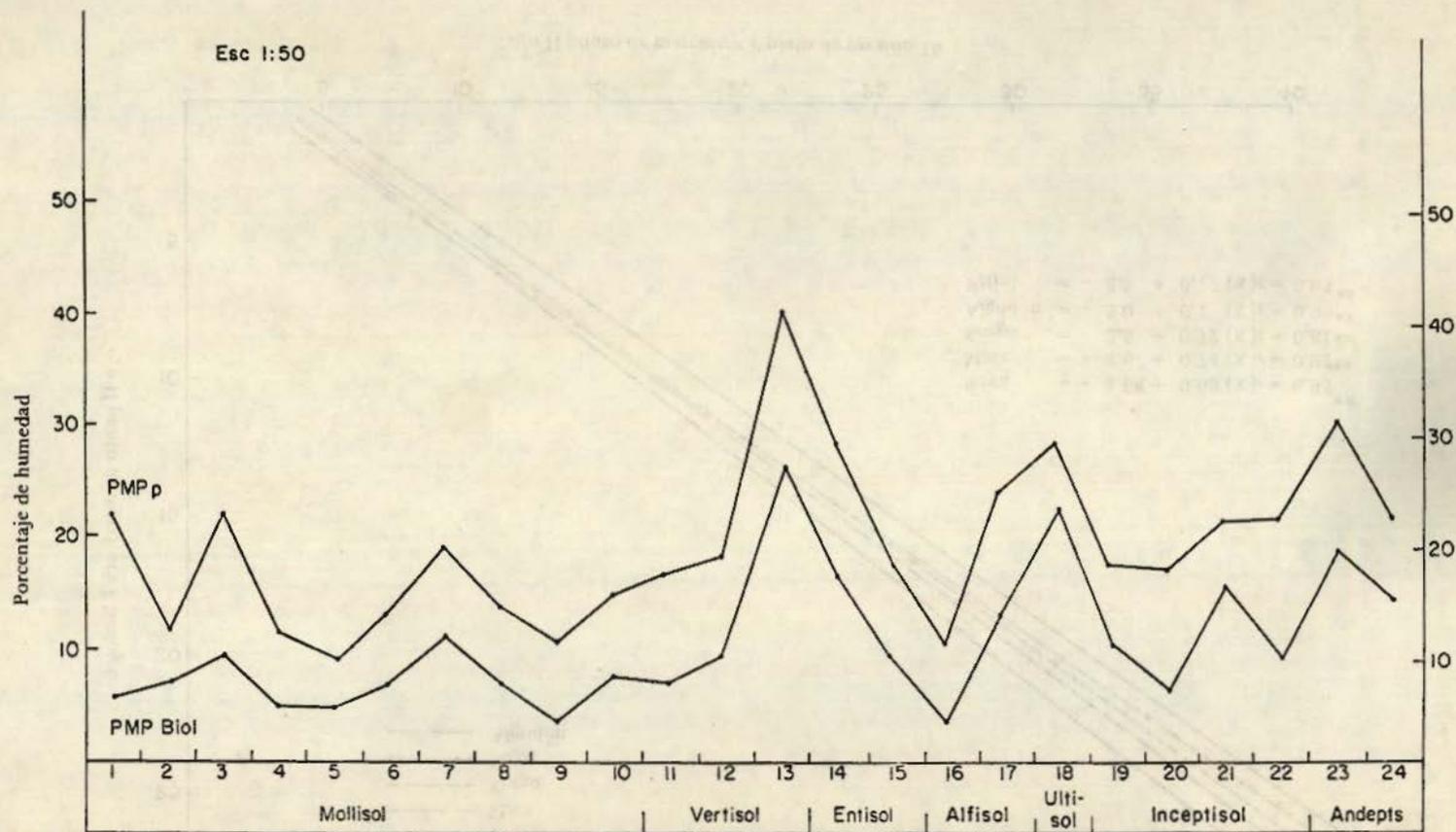


Fig. 1 Humedad en el punto de marchitez permanente determinada por el método biológico y en los platos de presión (15 atm) para especies comerciales.

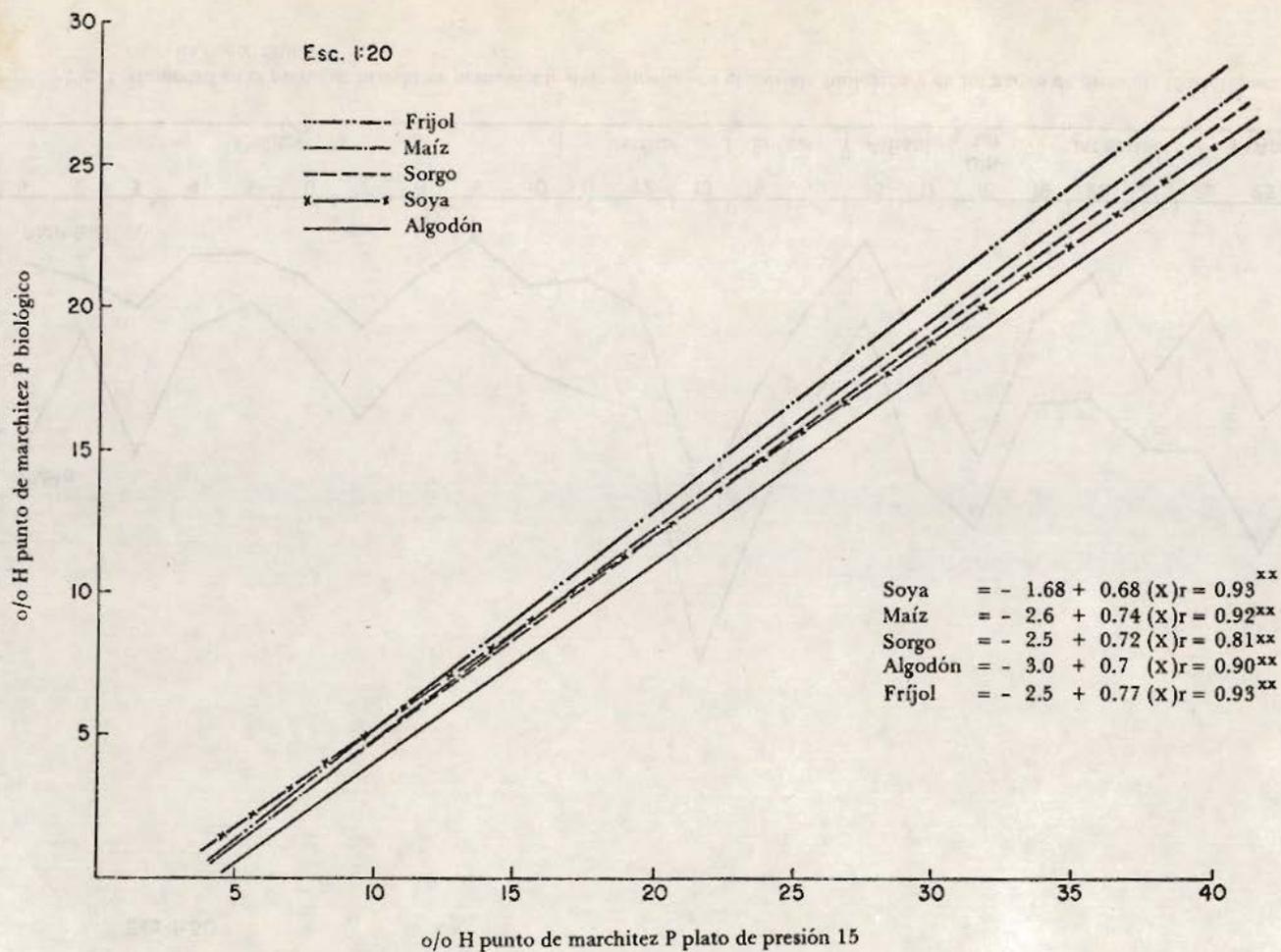


Fig. 2 Correlación entre el punto de marchitez-biológico y punto de marchitez-platos de presión 15 atm en 5 especies comerciales.

res que los obtenidos usando los datos del método biológico, con un rango que varió entre 1.13 - 42.04 o/o (Cuadro 4).

3.4. Humedad equivalente.

La humedad equivalente presentó valores poco mayores que los de la capacidad de campo para la mayoría de los suelos. Entre la humedad equivalente y la capacidad de campo la correlación ($r = 0.96^{**}$) fué alta (fig. 4).

3.5. Punto de saturación.

El porcentaje de saturación osciló entre 42.52 a 101 o/o, reteniendo los máximos valores (82.9 o/o) los suelos desarrollados de cenizas volcánicas (inseptisoles de montaña), y los menores el orden molisol (52.25 o/o). Dentro del orden vertisol se destacó el conjunto Burriga (88.46 o/o).

3.6. Espacio aéreo.

El espacio aéreo calculado o el rango promedio de macroporos varió entre 8.53 y 27.97 o/o (Cuadro 2). Los conjuntos Burrigá (vertisol de alto contenido de arcillas expandibles y capas endurecidas) y Sauce (entisol de textura influida por arenas) reportaron valores menores de 10 o/o, lo que induce a problemas de aireación.

3.7. Densidad aparente.

La densidad aparente varió inversamente con el contenido de humedad, presentando el suelo seco a la estufa los mayores valores y los menores en humedad de saturación. La correlación entre densidad aparente y el contenido de humedad a diferentes tensiones fué de $r = 0.74^{**}$ (figura 4).

La densidad aparente en el punto de marchitez permanente- método biológico osciló entre 0.87 y 1.37 g/cc, con un promedio de 1.24 g/cc. La lámina 1 de agua de riego determinada con base en la densidad aparente del suelo seco a la estufa (formula 1) varió entre 4.55 y 20.35 cm (Cuadro 5). La lámina 3, utilizando la densidad aparente cuando el suelo está a capacidad de campo y punto de marchitez permanente- platos de presión (formula 2), osciló entre 0.79 y 8.85 cm, correspondiendo al conjunto Bachan (ultisol) la menor lámina (2.41 cm).

Las láminas 5 - 6 - 7 - 8 y 9, teniendo en cuenta la densidad aparente (formula 3) y el contenido de humedad en el punto de marchitez perma-

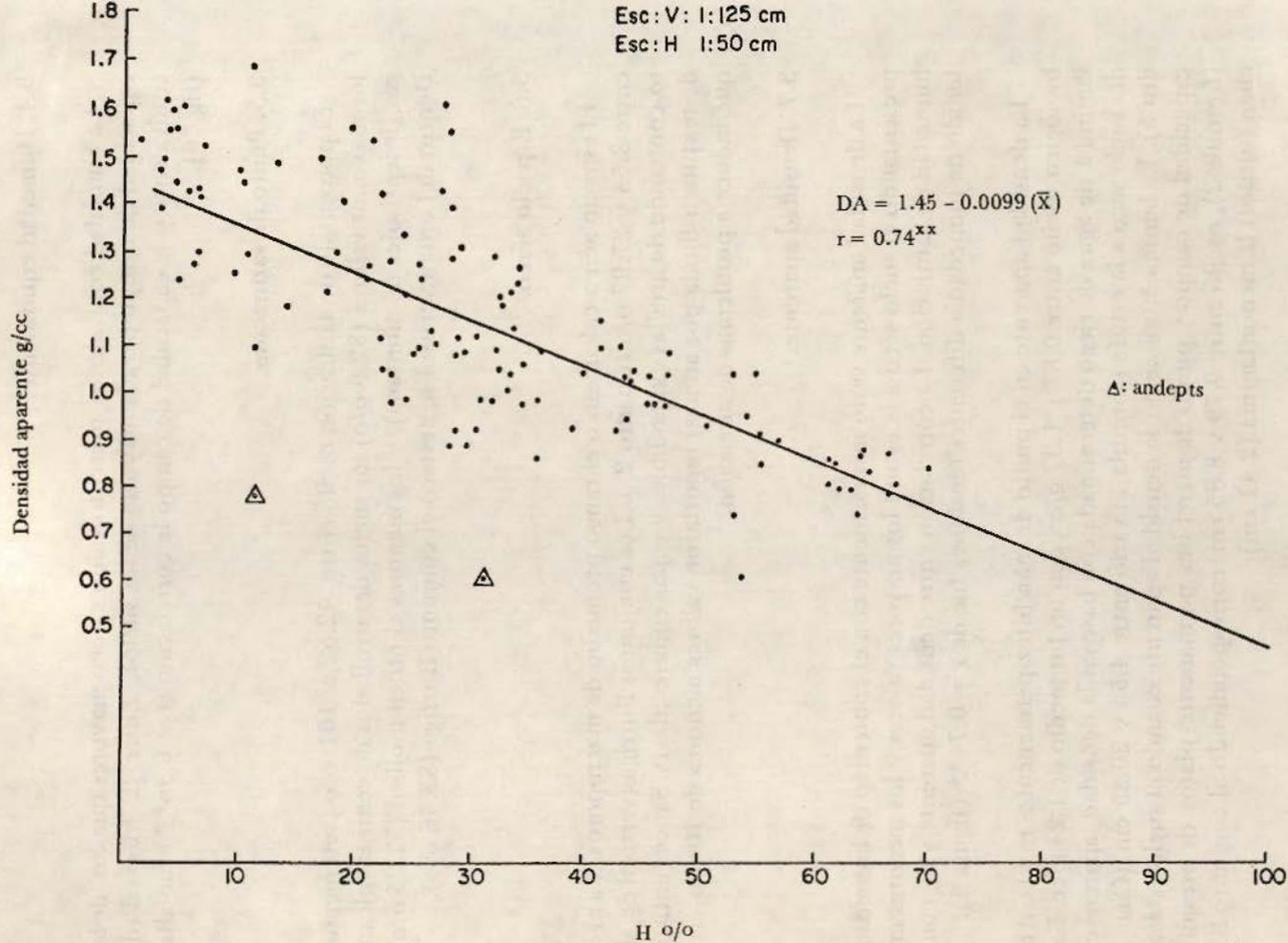


Fig. 4 Correlación entre las constantes de humedad y la densidad aparente en suelos de la parte plana y dos Andepts del Valle geográfico del Río Cauca.

Cuadro 4

Agua aprovechable calculada entre capacidad de campo y punto de marchitez permanente determinado por platos de presión y por el método biológico

ORDEN	SOYA	MAIZ	SORGO	ALGODON	FRIJOL	\bar{X}	o/o PMP P
Molisoles	18.38	18.57	19.06	19.48	18.18	18.84	11.48
Vertisoles	24.80	24.57	25.20	25.14	23.04	24.55	13.49
Entisoles	24.59	24.69	25.09	25.69	20.99	24.21	15.56
Alfisoles	18.89	19.24	20.19	18.84	18.24	19.08	11.23
Ultisoles	12.83	10.13	11.73	12.03	12.03	11.75	6.59
Inceptisoles parte plana	23.43	22.98	22.61	24.51	22.13	23.13	15.33
Inceptisoles de montaña	25.24	23.54	23.19	26.69	24.74	24.68	16.85
\bar{X}	21.16	20.53	20.96	21.76	19.90	20.89	12.93

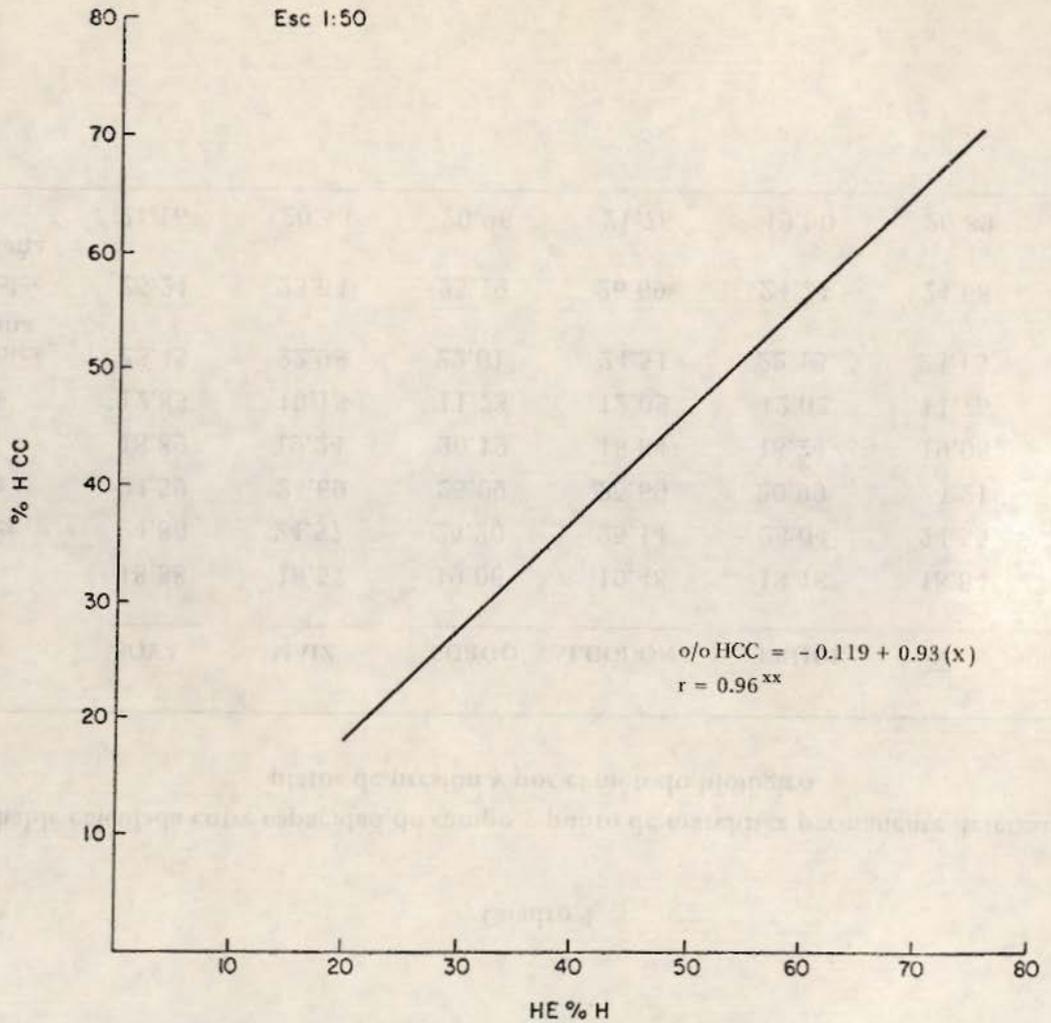


Fig. 3 Correlación entre capacidad de campo y humedad equivalente.

Calculo de las láminas de riego (profundidad 0.5 m)

SUELOS	ORDEN	CULTIVO						
		LAM 1	LAM 3	SOYA LAM 5	MAIZ LAM 6	SORGO LAM 7	ALGODON LAM 8	FRIJOL LAM 9
1	Molisoles	4.88	1.95	6.29	6.83	8.11	9.02	6.80
2	"	10.68	7.25	8.56	9.48	10.06	9.86	10.16
3	"	9.0	4.76	10.70	10.50	10.80	11.50	10.20
4	"	11.27	7.81	13.39	13.13	13.84	12.76	14.24
5	"	8.98	6.30	8.20	9.30	9.45	9.80	9.38
6	"	8.29	5.25	9.19	10.04	11.13	9.82	9.41
7	"	6.05	1.45	5.60	6.46	5.63	7.87	5.57
8	"	11.83	5.13	8.55	8.43	7.60	9.38	8.47
9	"	8.31	5.12	9.74	9.92	10.10	10.36	9.10
10	"	12.94	6.94	11.48	11.70	11.61	12.37	10.96
11	Vertisoles	9.58	5.25	12.55	12.49	12.29	13.18	11.56
12	"	5.24	1.58	7.18	6.28	5.93	7.27	4.86
13	"	20.35	4.48	14.75	12.88	14.03	12.12	12.45
14	Entisoles	10.26	4.94	11.33	10.51	10.57	11.25	6.68
15	"	12.10	8.85	13.18	13.42	13.92	14.08	12.77
16	Alfisoles	10.89	6.62	9.76	9.78	10.05	10.57	9.82
17	"	5.43	0.79	6.87	7.60	8.59	5.63	6.52
18	Ultisoles	4.55	2.41	1.25	0.67	1.01	1.63	0.58
19	Inceptisoles	10.57	5.88	10.58	9.83	11.06	10.34	9.37
20	"	11.18	6.52	11.89	12.14	12.11	13.17	11.63
21	"	9.96	3.60	5.16	4.97	3.01	5.97	5.84
22	"	15.67	10.18	15.53	16.42	16.53	17.39	15.25
23	Inceptisoles de montaña	9.55	6.88	7.53	4.97	7.25	8.68	7.74
24	"	9.21	5.70	10.93	7.38	6.39	8.08	7.91

Lámina 1: calculada con la fórmula 1. Lámina 3: calculada con la fórmula 2.

Láminas 5, 6, 7, 8 y 9: calculadas con la fórmula 3 para cada cultivo.

mente -método biológico, para la soya osciló entre 1.25 y 15.53 , para maíz entre 0.67 y 16.42 cm, para sorgo entre 1.01 y 16.53 cm, para algodón entre 1.11 y 17.39 cm. La planta de frijol presentó valores inferiores de lámina (0.58 y 15.25 cm).

4. CONCLUSIONES

- 4.1. Los inceptisoles de montaña (Typic dystrandeps) y los suelos de textura arcillosa retuvieron los mayores contenidos de humedad.
- 4.2. La humedad equivalente fué ligeramente superior a los valores de la capacidad de campo a 1/3 (atm). La ecuación de regresión fué :
 $Y = - 0.119 + 0.93 (X)$, en donde Y = capacidad de campo, X= humedad equivalente.
- 4.3. La densidad aparente se comportó de manera inversa al contenido de humedad.
- 4.4. Los conjuntos Burrigá y Sauce presentaron problemas de aireación por reportar contenidos de macroporos menores del 10 o/o.
- 4.5. El porcentaje de humedad obtenido en el punto de marchitez permanente por el método biológico fué menor al obtenido con los platos de presión (15 atm).

5. BIBLIOGRAFIA

1. DELGADO, V. M. y ALVARADO, C. D. Caracterización de los suelos del Valle. Tesis Ing. Agr. Palmira, Universidad Nacional de Colombia, 1979.
2. GAVANDE, S. A. Física de suelos; principios y aplicaciones. México, Limusa, 1972.
3. GONZALEZ M, A. Aproximación al origen de los suelos afectados por sales y/o sodio en el Valle del Cauca Colombia. Acta Agron. (Colombia) 30 (1/4): 5 - 18. 1980.
4. GONZALEZ M, A. Suelos agrícolas; notas de laboratorio. Palmira , Universidad Nacional de Colombia, 1980. pp: 38-90.
5. GONZALEZ M, A. CASTRO G, D. y VALDERRAMA Z, H. Propiedades físicas de algunos suelos en Colombia. S. A. Acta Agron. (Colombia) 30 (1/4): 19-48. 1980.

6. INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI. Estudio semide-tallado de suelos del Valle Geográfico del río Cauca. Bogotá, 1980.
7. MALAGON CASTRO, D. Propiedades físicas de los suelos. Bogotá, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 1976. 622 p.
8. RUIZ T, W. Determinación de la retención de humedad del suelo a la capacidad de campo por el método de tanque de arena. Tesis Ing. Agr. Palmira, Universidad Nacional de Colombia, 1973. pp: 14-20.