

# DETERMINACION DE LA RETENCION DE HUMEDAD DEL SUELO A CAPACIDAD DE CAMPO POR EL METODO DEL TANQUE DE ARENA

Wilson Ruiz T. y Manuel Grillo F. \*

## I. INTRODUCCION.

Se considera a la capacidad de campo como una de las constantes de humedad de mayor interés agrícola, porque indica la cantidad máxima de agua que retienen los suelos contra la fuerza de la gravedad y que su exceso puede ser perjudicial tanto para las plantas como para el suelo.

En este trabajo se pretendió determinar la retención de humedad del suelo a capacidad de campo (C.C.) en muestras sin disturbar, por el método del "tanque de arena" y comparar la precisión y exactitud de sus resultados, con los obtenidos por algunos de los métodos convencionales (gravimétrico, celdas y ollas de presión). Además se determinaron densidad aparente, punto de marchitamiento y curvas características de retención de humedad.

Las muestras para el estudio se tomaron en predios del Ingenio Central Tuma-co, y de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, ambos en jurisdicción del Municipio de Palmira.

## II. MATERIALES Y METODOS.

### A. Muestreo.

Después de determinar el espesor de las tres primeras profundidades del perfil, que en el trabajo se denominaron A, B y C, se construyó la calicata en forma gradual o escalonada.

Las muestras sin disturbar se tomaron con dos tipos de cilindros: uno de acero (8.16 cms. de diámetro interno y 10 cms. de altura) y otro de cobre (5.37 cms. de diámetro interno y dos alturas: 6 y 3 cms.).

Las muestras tomadas por triplicado con los cilindros de 10 y 6 cms., se destinaron para determinar la C.C por el método "del tanque de arena", mientras que la tomada con cilindros de 3 cms. se utilizó en platos y ollas de presión y en "celdas de bajas tensiones".

---

\* Sr. W.E. Ruiz T. Estudiante de pregrado y Dr. M. Grillo F. I. A., M.Sc. profesor Facultad Ciencias Agropecuarias. Palmira.

Extractó: H. Quintero V.

Lo más cercano posible al sitio de la calicata se efectuó el muestreo por triplicado para las determinaciones de C.C. por el "método de campo".

Además se colectaron muestras disturbadas de cada profundidad, para hacer las determinaciones de textura y retención de humedad.

## B. Determinaciones.

1. Textura con el hidrómetro de Bouyoucos (González, 2).
2. Densidad aparente por los métodos del núcleo (muestras sin disturbar y de la parafina. (González, 2).
3. Retención de humedad del suelo a C.C. por los métodos:
  - a. Tanque de arena (Fig. 1) (Salter, 7).
  - b. Gravimétrico ó de campo (Blair, 1)
  - c. Ollas de presión (González, 2).
  - d. Celdas a tensiones bajas (Soil Test Catalogue, 9)
4. Curvas características de humedad. Se trazaron en base a los resultados de los platos y ollas de presión (Richards, 6).
5. Humedad del suelo por el método gravimétrico (Grillo, 3).
6. Materia orgánica (González, 2).

## C. Análisis Estadístico.

1. Precisión. Se compararon los métodos del tanque de arena (cilindros de 10 y 6 cms.) y gravimétrico según su varianza.
2. Sesgo. Se comparó el método gravimétrico con los restantes, mediante observaciones apareadas y probando si la media de las diferencias se podría aceptar como igual a cero, lo cual indicaría su equivalencia.
3. Correlación. Se realizaron análisis de correlación para establecer el grado de asociación entre los diferentes métodos (Fryer, 5 y Snedecor, 8).

## III. RESULTADOS Y DISCUSION.

### A. CAPACIDAD DE CAMPO (Tabla I)

#### 1. Precisión (Tabla II).

Los valores de varianzas ponderadas se pueden considerar como correspondientes a varianzas homogéneas, en base al criterio de F máxima propuesto por Hartley. Esto indica que los métodos son equivalentes desde el punto de vista de la precisión.

Preocupa al autor la heterogeneidad de las determinaciones de algunas profundidades por el método de campo (Ej: IIIc y IVc), lo mismo que los cambios en varianza para los distintos suelos y profundidades.

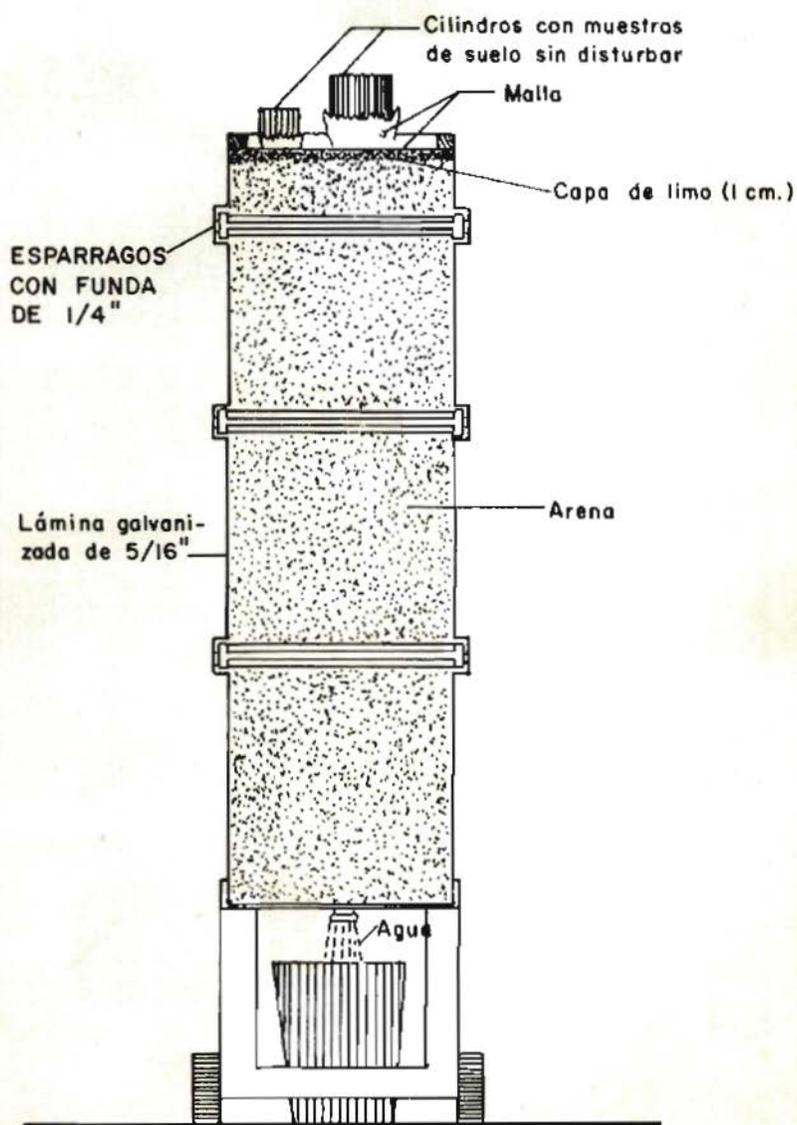


FIG. 1.- CORTE TRANSVERSAL DEL TANQUE DE ARENA (1X1X0.3 ms.) PARA DETERMINACION DE RETENCION DE HUMEDAD A CAPACIDAD DE CAMPO.

TABLA I

Resultados de las determinaciones de la retención de humedad del suelo a capacidad de campo por diferentes métodos (expresados en base a peso seco).

Perfil	Profundidad	Métodos de determinación de C.C.					
		Tanque de Arena <sup>a</sup>		Gravimétrico o de campo <sup>a</sup>	Celdas 1/10 atm.	Ollas de presión	
		Cilindros de 10	Cilindros de 6			1/10 atm.	1/3 atm.
I	A	30.46	32.32	29.00	29.44	31.42	28.64
	B	20.40	21.25	16.58	17.19	15.85	11.49
	C	13.10	15.90	15.25	14.18	15.36	10.22
II	A	30.22	27.33	33.14	27.85	28.87	26.83
	B	23.80	24.07	24.85	22.86	27.22	24.97
	C	18.66	14.09	14.19	12.61	15.14	11.65
III	A	31.80	30.74	33.43	31.60	31.65	30.27
	B	27.71	26.11	33.20	29.33	27.11	26.59
	C	26.77	25.56	30.20	28.96	26.02	25.16
IV	A	27.30	26.34	28.43	26.38	26.03	23.56
	B	20.38	20.02	25.19	19.09	22.89	21.03
	C	23.11	23.20	22.17	23.29	23.38	22.03

<sup>a</sup> Promedio de muestras por triplicado.

TABLA II  
Valores de varianzas ponderadas ( $S_p^2$ ) y desviaciones  
estandar ( $S_p$ ) para las determinaciones de CC por los  
métodos del Tanque de arena y Gravimétrico

METODO	$S_p^2$	$S_p$ o/o
<b>Tanque de arena</b>		
Cilindros 10 cms.	2.149	1.47
Cilindros 6 cms.	2.702	1.64
<b>Gravimétrico</b>		
a.	2.096	1.45
b.	6.366	2.52

- a. No incluye los valores de las varianzas de III c y IV c.  
b. Sí los incluye.

## 2. Sesgo (Tabla III)

En general, los métodos diferentes al gravimétrico subestiman la C.C. Sin embargo, la hipótesis de igualdad de medias fué rechazada solo en dos pasos, correspondiendo a los métodos de las ollas de presión a 1/3 de atmósfera, y al de celdas a 1/10. Tampoco se encontró diferencia de las medias para los dos tamaños de cilindros empleados en el método del tanque de arena.

Desde el punto de vista de sesgo, el método de las ollas de presión a 1/10, sería superior al de las ollas de presión a 1/3 de at., al menos, para los suelos y condiciones del presente estudio.

## 3. Correlación (Tabla IV, Fig. 2-10).

Las asociaciones mostraron, en mayor o menor grado, correlaciones altamente positivas y de alta significación estadística.

En la baja variabilidad del contenido de humedad a tensiones próximas a C.C. juega papel primordial la conservación de la estructura original del suelo, ya que las relaciones de contenido de humedad y tensión a que se encuentra retenida esta humedad, están gobernadas por la geometría de los espacios porosos y la tensión superficial de la humedad del suelo.

TABLA III

Valores de las pruebas de observaciones apareadas para la diferencia de las medias en las determinaciones de retención de humedad del suelo a capacidad de campo.

Métodos	Promedios de los métodos		Media de la diferencia $\bar{d}$	Varianza de las diferencias $s^2 \bar{d}$	Desviación típica de la media de las diferen. ( $s\bar{d}$ )	$t_{Co}$	t para 11 G. L. $\alpha = 5^0/0$ (a)
	$\bar{x}_1$	$\bar{x}_2$					
Campo - Ollas (1/10)	25.47	24.26	1.21	7.49	0.78	1.56	
Campo - Ollas (1/3)	25.47	21.87	3.60	4.60	0.62	6.08	
Campo - Celdas (1/10)	25.47	23.56	1.91	4.20	0.59	3.54	1.796
Campo - Tanque (T10)	25.47	24.47	1.00	9.87	0.92	1.07	
Campo - Tanque (T6)	25.27	23.91	1.56	13.6	1.06	1.47	
Tanque (T10)-Tanque (T6)	24.47	23.91	0.56	3.97	0.55	1.02	

a:  $\alpha$  = Nivel de significación.

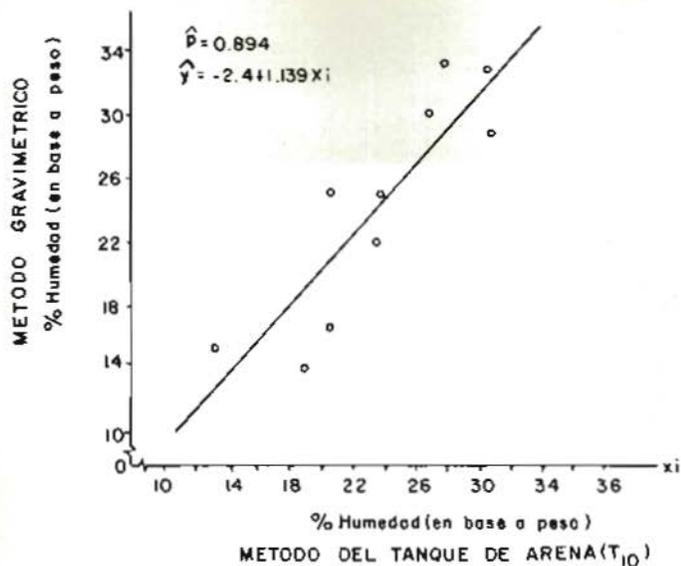


Fig. 2.- Correlación y regresión entre el método gravimétrico y el del tanque del tanque de arena (cilindros de 10 cms), al determinar retención de humedad a capacidad de campo.

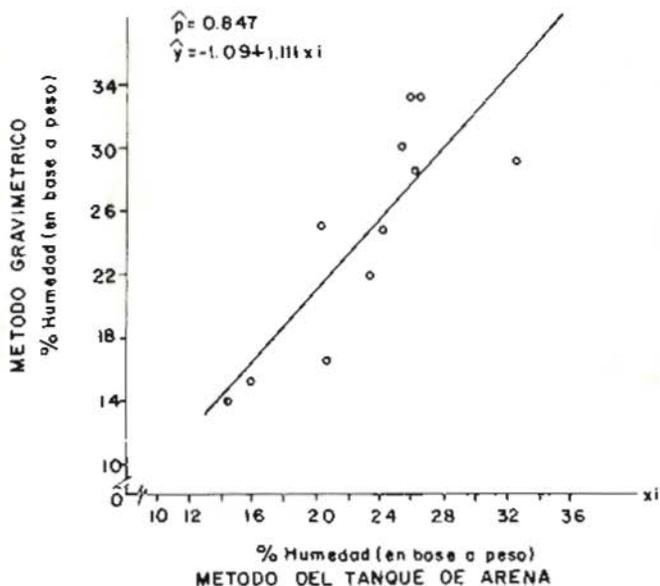


Fig. 3.- Correlación y regresión entre el método gravimétrico y el del tanque de arena (cilindros de 6 cms) para determinar retención de humedad a capacidad de campo.

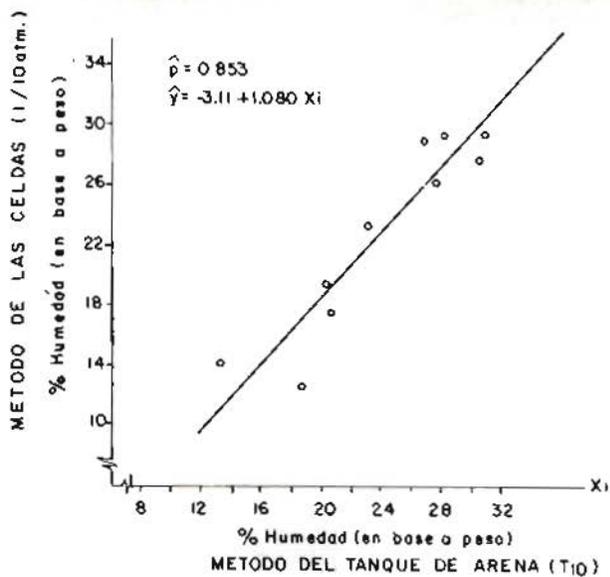


Fig. 4 - Correlación y regresión entre el método de las celdas y el del tanque de arena (cilindros de 10 cms) para determinar retención de humedad a capacidad de campo.

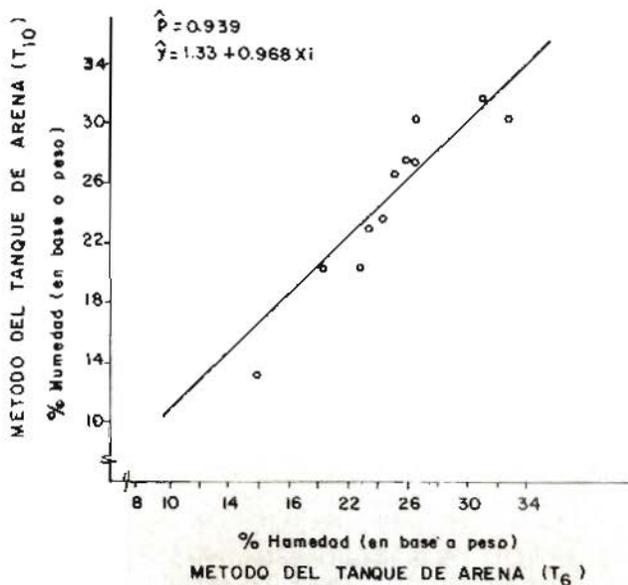


Fig. 5.- Correlación y regresión entre métodos de tanque de arena con cilindros de 10 y 6 cms, para determinar retención de humedad a capacidad de campo.

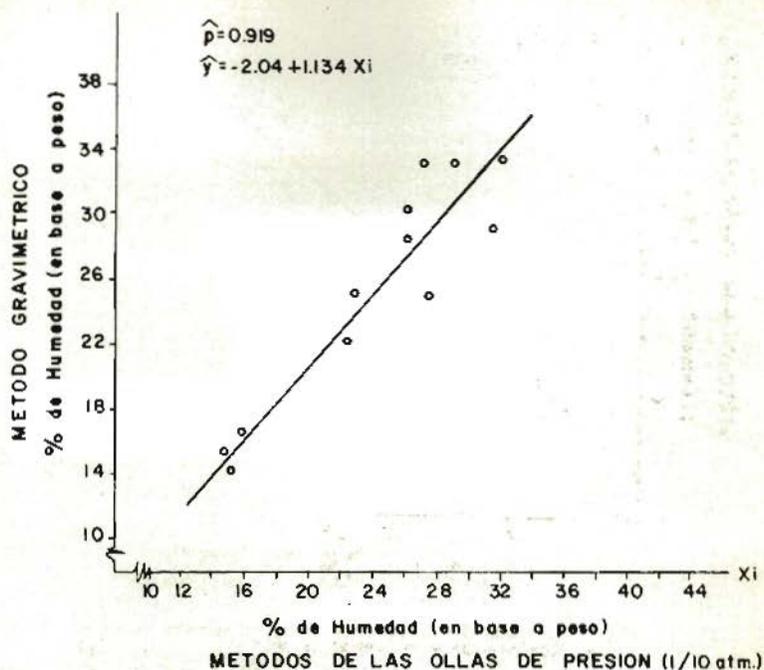


Fig. 6.- Correlación y regresión entre los métodos gravimétricos y el de ollas de presión, para determinar retención de humedad a capacidad de campo.

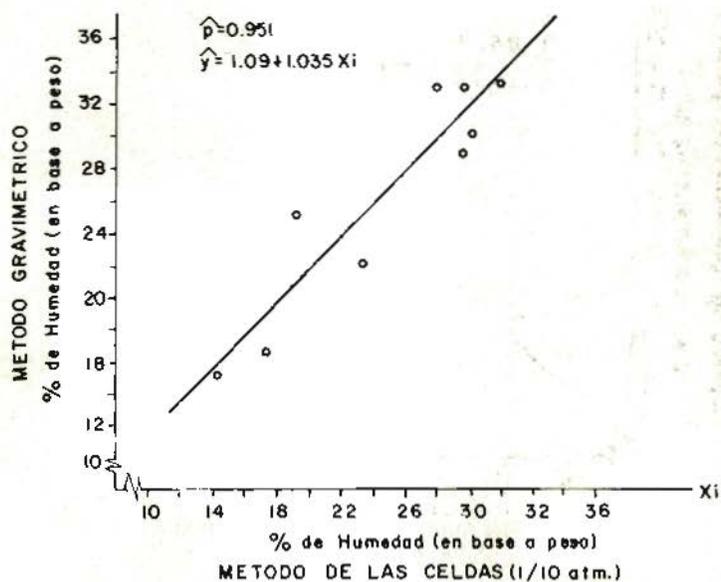


Fig. 7.- Correlación y regresión entre los métodos gravimétrico y de celdas para determinar retención de humedad a capacidad de campo.

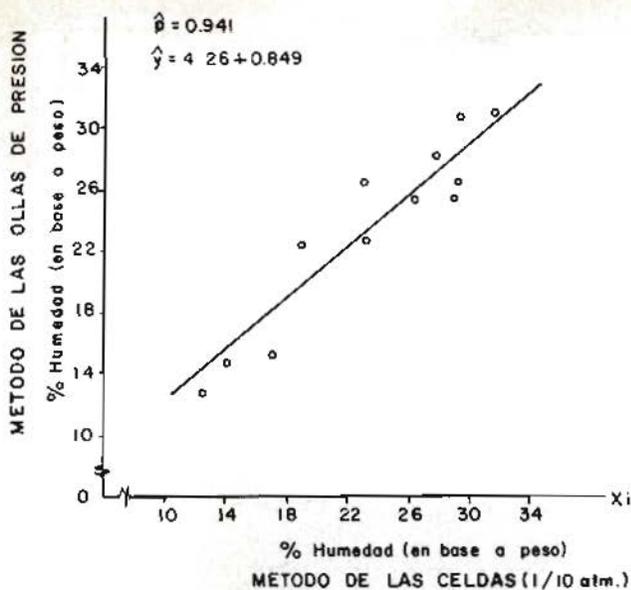


Fig. 8.- Correlación y regresión entre el método de ollas de presión y el de celdas, para determinar retención de humedad a capacidad de campo.

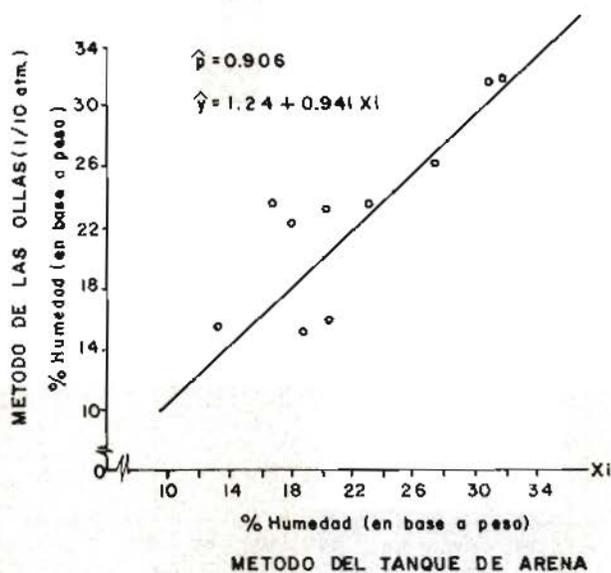


Fig. 9.- Correlación y regresión entre el método de ollas de presión y el del tanque de arena (cilindros de 10 cms.), para determinar retención de humedad a capacidad de campo.

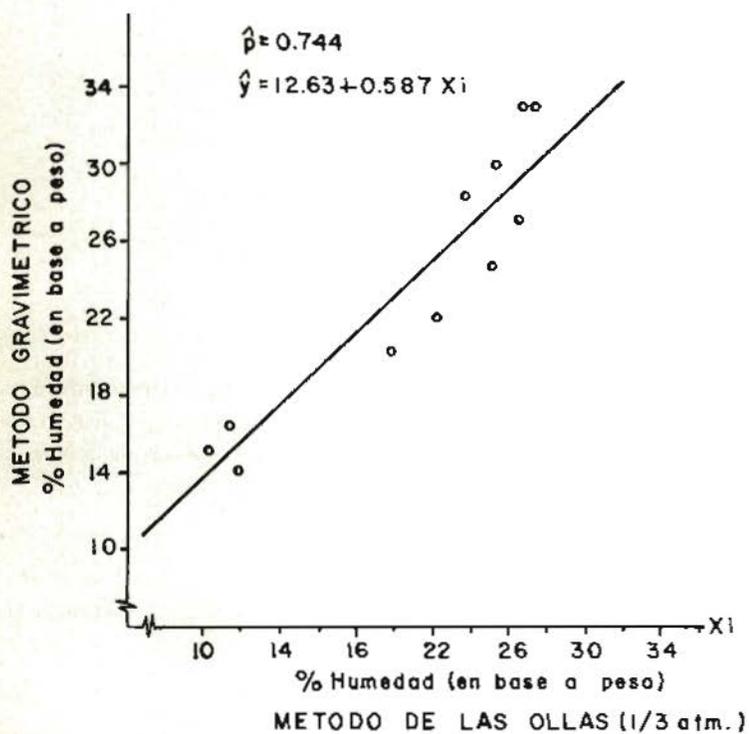


Fig.10.- Correlación y regresión entre el método de ollas y el gravimétrico, para determinar retención de humedad a capacidad de campo.

TABLA IV

Coefficientes de Correlación entre los métodos utilizados en la determinación de capacidad de campo

<u>Métodos</u>	<u>Tanque (T10)</u>	<u>Campo</u>	<u>Celdas (1/10)</u>
Tanque (T6) (a)	0.939	0.847	
Tanque (T10) (b)			0.953
Campo	0.984		
Celdas (1/10)		0.951	
Ollas (1/10)	0.906	0.919	0.941
Ollas (1/3)		0.744	

a: Método del tanque con cilindros de 6 cms.

b: Método del tanque con cilindros de 10 cms.

Los valores de C.C. altos estuvieron asociados con mayor contenido de materia orgánica y con la presencia de texturas finas. Los menores se presentaron en suelos cuya reacción al HCl indica la presencia de carbonatos, que inducen la compactación y el comportamiento como capas impermeables de esos suelos.

#### B. PUNTO DE MARCHITAMIENTO (Tabla V)

En general, todas las determinaciones en muestras disturbadas y sin disturbar presentaron diferencias muy bajas, lo que indica la poca influencia que ejerce la estructura en la retención de humedad a tensiones altas.

Se observaron diferencias apreciables cuando la proporción de partículas finas era relativamente mayor que la de las gruesas es decir, el contenido de humedad del suelo en punto de marchitamiento depende principalmente de la textura del suelo.

A tensiones altas (mayores de 5 at.), los poros se encuentran llenos de aire y tanto su proporción como su cantidad, no afectan el contenido de humedad.

#### C. CURVAS CARACTERISTICAS DE RETENCION DE HUMEDAD (Tabla VI, Fig. 11-14)

Observando las curvas se puede notar la gran diferencia en contenidos de humedad. Esas diferencias se deben a factores tales como estructura, textura, contenido de materia orgánica, etc., los cuales hacen que los suelos retengan diferentes cantidades de agua a las mismas tensiones.

TABLA V

Punto de marchitamiento en muestras disturbadas y sin disturbar

Perfil	Prof	PUNTO DE MARCHITAMIENTO	
		Sin Disturbar	Disturbada
I	A	15.42	11.19
	B	4.34	4.74
	C	3.71	2.72
II	A	20.0	15.20
	B	19.9	13.87
	C	5.91	5.47
III	A	24.32	18.63
	B	19.06	16.54
	C	14.02	15.31
IV	A	15.43	13.39
	B	14.17	9.88
	C	8.63	8.41

En general, las curvas características de humedad presentan sus mayores pendientes entre contenidos de humedad a tensiones bajas.

Se encuentran marcadas y consistentes diferencias en contenidos de humedad a las diferentes tensiones entre muestras disturbadas (M. D.) y sin disturbar (M.S.D.). Estas variaciones pueden deberse al aumento de los microporos, que permanecen llenos de agua a bajas tensiones, al preparar las muestras disturbadas en el laboratorio.

A medida que aumenta la tensión, las diferencias se reducen hasta alcanzar valores casi despreciables. A altas tensiones el agua se encuentra retenida en los intersticios de las unidades estructurales del suelo, perdiendo la proporción relativa del tamaño de los poros importancia en la retención de la humedad. De allí, que la cantidad de agua retenida a altas tensiones se atribuye a la cantidad y calidad de los coloides del suelo.

#### D. DENSIDAD APARENTE (Tabla VII)

Los mayores valores de  $D_a$  obtenidos por el método de la parafina, se deben a

TABLA VI

Contenido de humedad del suelo (en base a volúmen), en muestras disturbadas (M. D.) y sin disturbar (M. S. D.).

Perfil	Profundidad	<u>Contenido de humedad del suelo</u>											
		Muestras disturbadas						Muestras sin disturbar					
		1/10	1/3	1	5	10	15	1/10	1/3	1	5	10	15
I	A	57.20	48.45	33.35	25.73	24.22	17.25	39.27	35.80	28.51	23.70	21.36	19.27
	B	31.69	28.42	16.35	10.49	8.96	6.12	23.61	17.12	14.94	11.02	9.69	6.46
	C	19.52	14.18	7.96	6.07	5.47	3.99	23.96	15.94	10.06	6.45	6.16	5.78
II	A	72.66	61.11	46.35	35.66	34.76	26.60	40.12	37.29	34.72	29.27	28.03	27.80
	B	64.44	50.86	37.59	28.77	28.58	23.09	42.73	39.20	34.85	34.13	32.54	31.24
	C	32.61	18.49	14.41	10.05	9.87	8.20	21.65	16.65	14.67	11.89	9.39	8.45
III	A	84.27	70.22	52.70	38.74	35.93	32.34	41.77	40.08	36.37	33.43	32.76	32.10
	B	83.49	66.17	49.91	38.36	37.99	30.53	42.02	41.21	38.75	35.24	29.74	29.54
	C	67.00	57.27	45.69	33.14	28.44	25.87	38.50	37.23	32.34	30.05	25.91	20.74
IV	A	55.42	45.02	26.80	*	23.11	22.07	33.57	30.39	24.16	20.98		19.90
	B	46.92	33.84	26.14	21.87	16.29	14.52	36.85	33.85	31.29	26.16		22.81
	C	54.30	35.14	27.78	21.32	15.32	14.84	34.60	32.60	26.06	17.03		12.77

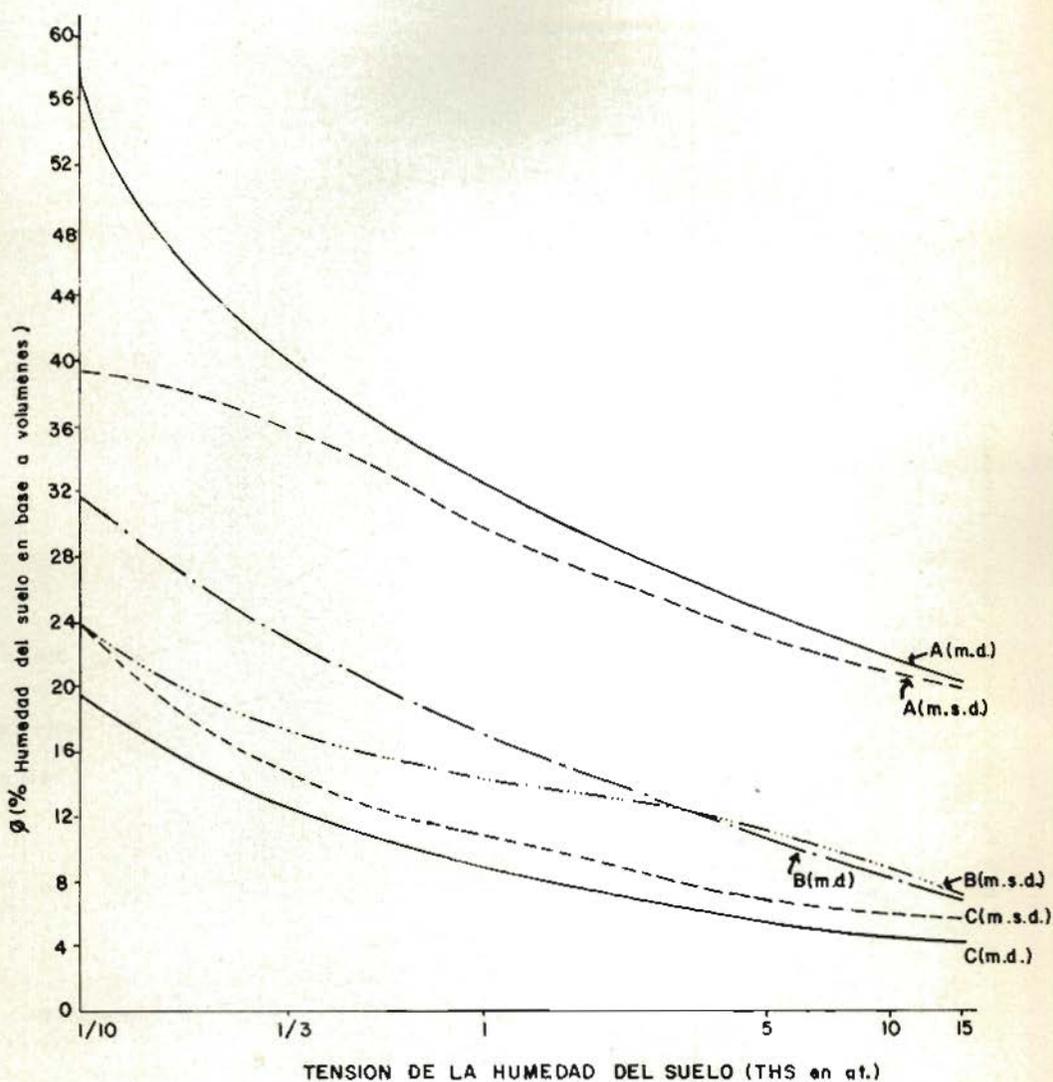


Fig.11.— Características de humedad para las profundidades A,B,y C. del perfil I, en muestras sin disturbar (m.s.d.) y disturbadas (m.d.)

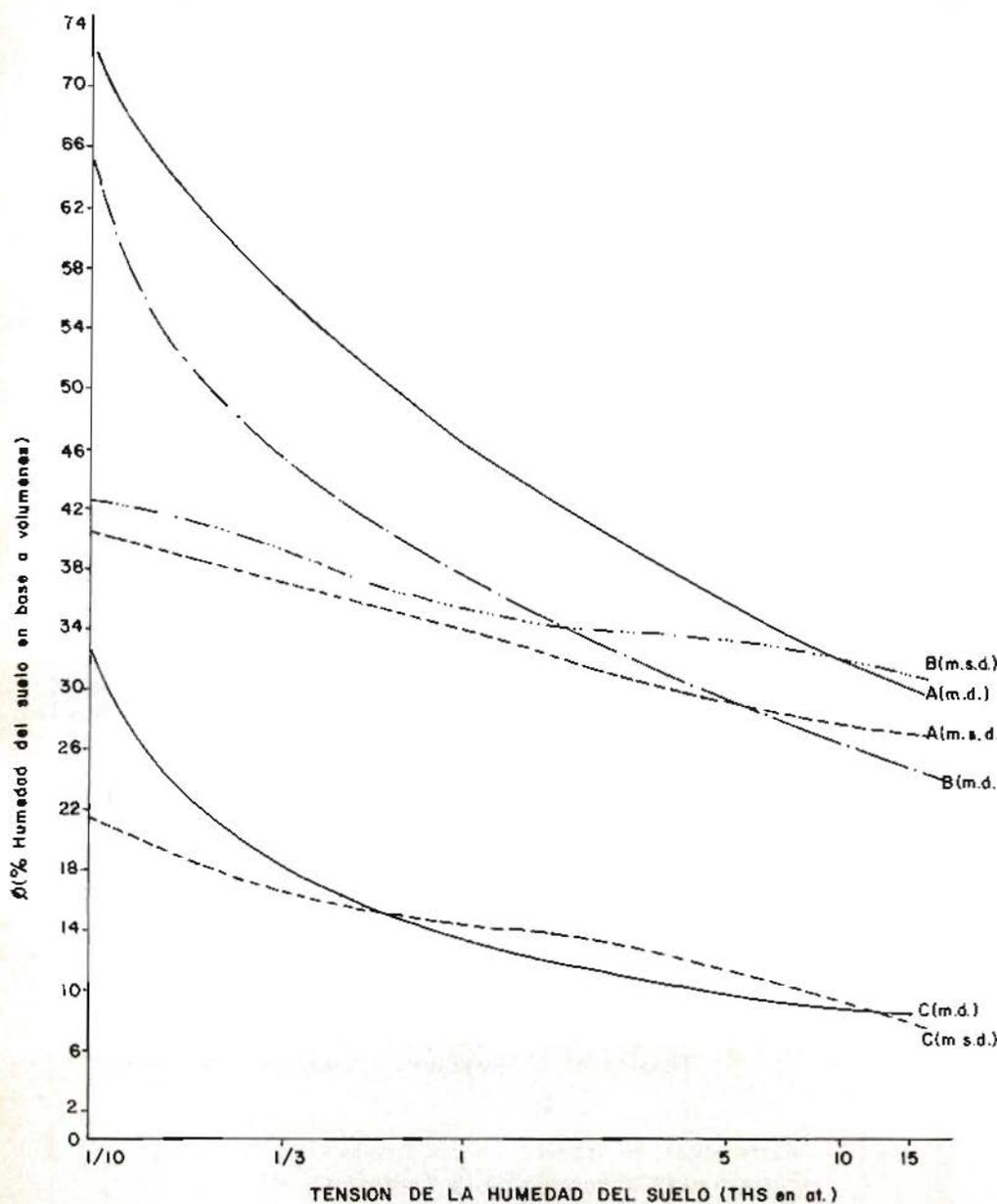


Fig. 12.— Características de humedad para las profundidades A, B y C. del perfil II, en muestras sin disturbar (m.s.d.) y disturbadas (m.d.)

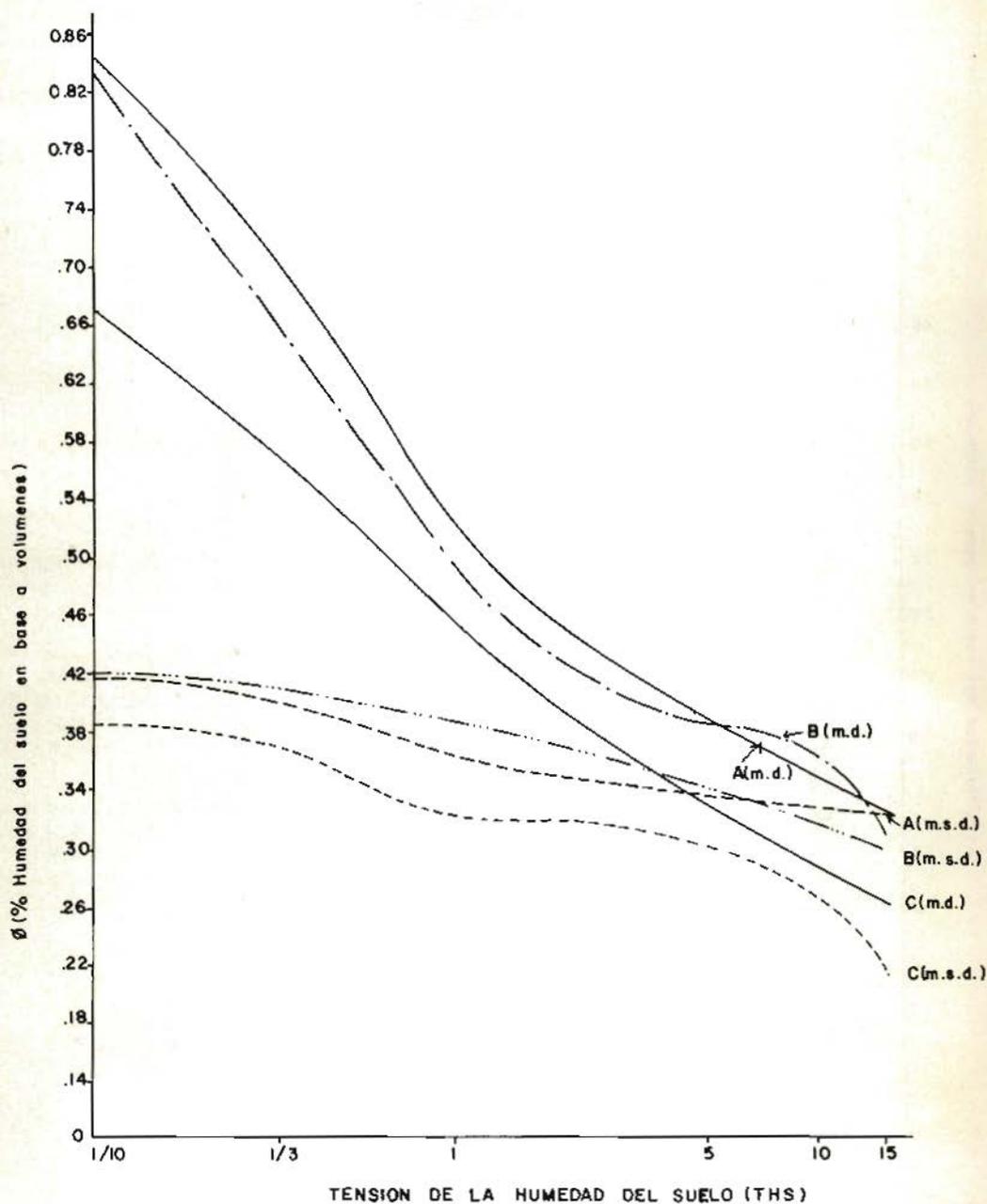


Fig. 13.— Características de humedad para las profundidades A, B y C del perfil III, en muestras sin disturbar (m.d.) y disturbadas (m.s.d.)

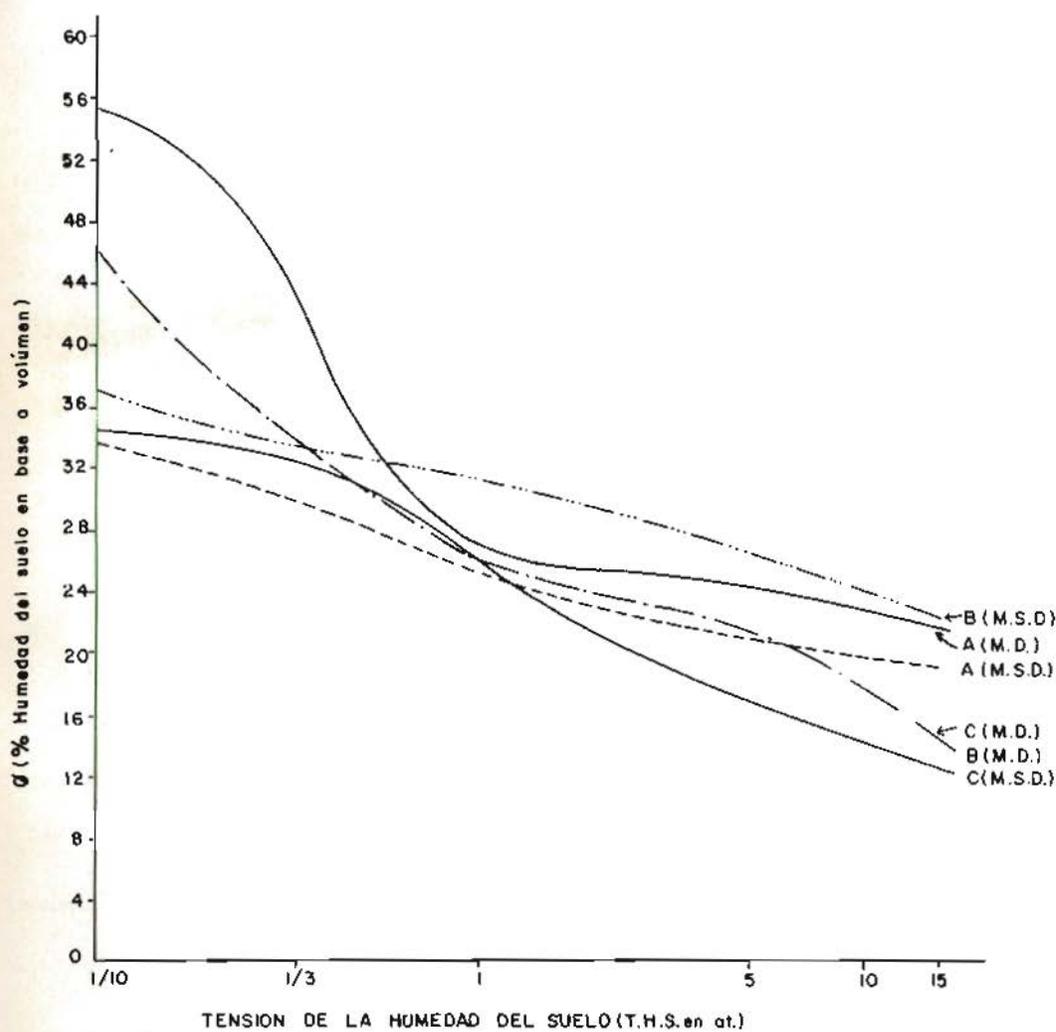


Fig. 14.— Características de humedad para las profundidades A, B y C. del perfil IV, en muestras sin disturbar(m.s.d.) y disturbados (m.d.)

TABLA VII

Valores de densidad aparente obtenidos por los métodos  
del núcleo y de la parafina.

Perfil	Prof.	DENSIDAD APARENTE	
		Núcleo	Parafina
I	A	1.25	1.54
	B	1.49	1.29
	C	1.56	1.46
II	A	1.39	1.75
	B	1.57	1.66
	C	1.43	1.50
III	A	1.32	1.73
	B	1.55	1.84
	C	1.48	1.69
IV	A	1.29	1.43
	B	1.61	1.50
	C	1.48	1.76

la contracción de volúmen al secar la muestra; se puede apreciar la relación de la densidad aparente con la textura y estructura del suelo. Por ejemplo, los suelos de alto contenido de arcilla y M.O., presentan los menores valores de D. a. Esta diferencia se puede deber al mayor volúmen del espacio poroso de las partículas de arcillas y a la alta granulación y bajo peso volumétrico de la M.O.

Se encontró correlación positiva y estadísticamente significativa ( $\hat{r} = 0.611$ ) entre los dos métodos. La ecuación de regresión ( $Y_2$ ), tomando los valores obtenidos por el método del núcleo como variable independiente ( $X_1$ ) y los obtenidos por el método de la parafina como variable dependiente ( $Y_2$ ), se estimó por  $Y_2 = 0.361 + 0.848 X_1$  (Fig. 15).

La ecuación sugiere que las mayores diferencias entre los métodos se presentarán en suelos de menor densidad aparente.

#### IV. CONCLUSIONES

1. Las determinaciones de retención de humedad del suelo a capacidad de campo en muestras sin disturbar se pueden efectuar indistintamente con cualquiera de los métodos estudiados.

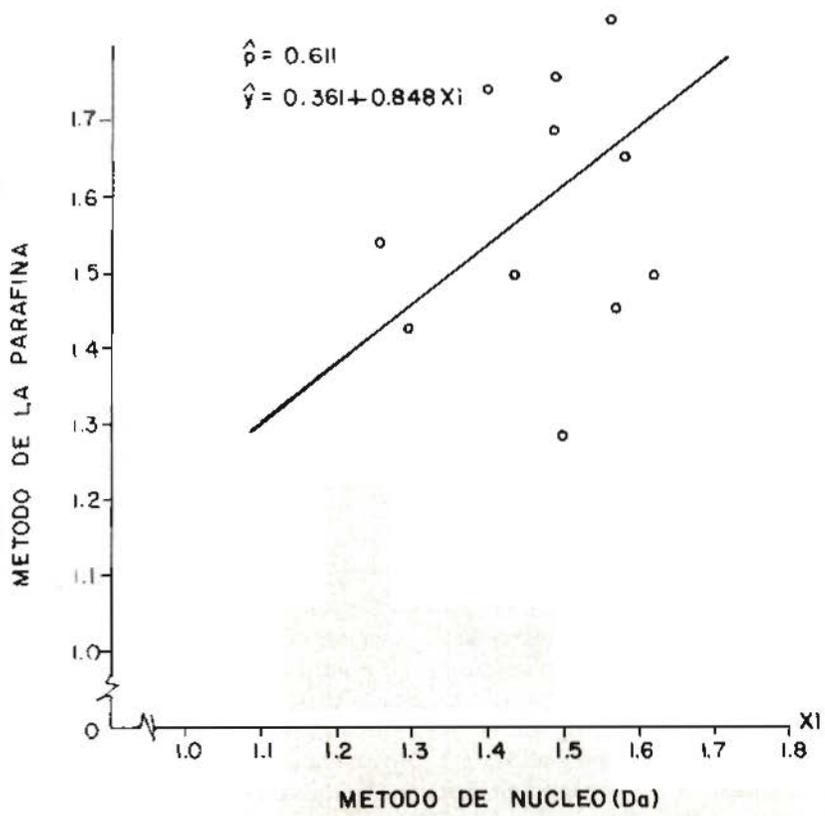


Fig.15.— Correlación y regresión entre los métodos del núcleo y la parafina, para determinar densidad aparente (Da).

2. Las determinaciones de capacidad de campo en las ollas de presión a 1/10 de atmósfera, tienen mayor aceptación que las determinaciones a 1/3 de atmósfera.
3. El método del tanque presentó resultados de igual o mayor precisión que los otros métodos.
4. El tamaño de los cilindros empleados en el método del tanque de arena tiene poca influencia en los resultados.
5. Los mayores valores de capacidad de campo estuvieron asociados con la textura fina y contenidos altos de materia orgánica.
6. Las curvas características de humedad deben obtenerse usando los valores de retención de humedad del suelo, en muestras sin disturbar, hasta tensiones de 5 atmósferas; a tensiones mayores de 5 atmósferas, se pueden utilizar los valores de retención de humedad obtenidos en muestras disturbadas.
7. El método del tanque de arena, ofrece ventajas en la determinación de la capacidad de campo, por el bajo costo del equipo y su fácil construcción.
8. Los valores de densidad aparente del suelo obtenidos por el método de la parafina sobreestiman a los obtenidos por el método del núcleo en un 10 o/o aproximadamente.

## V. RESUMEN

El presente estudio, desarrollado con suelos del Ingenio Azucarero Central Tumaco y de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, ambos en jurisdicción del Municipio de Palmira, tuvo como objetivo principal, determinar la confiabilidad de los valores de retención de humedad del suelo a capacidad de campo (C.C.), obtenidos por el "método del tanque de arena", en comparación con los valores de C.C. obtenidos por algunos de los métodos convencionales. Los métodos de comparación utilizados fueron:

- Método gravimétrico o de campo
- Método de las ollas de presión
- Método de las celdas.

Para las determinaciones de C.C., se utilizaron muestras de suelos sin disturbar tomadas con cilindros de tamaño diferente.

Con los datos obtenidos, se efectuaron algunos tipos de análisis estadísticos, para determinar la precisión y grado de asociación de los métodos utilizados.

De acuerdo con los resultados, se concluyó, que las determinaciones de C.C., pueden efectuarse por cualquiera de tales métodos y que el tamaño de los cilindros,

para el método del tanque de arena, poco influye en los resultados que se obtengan.

También se elaboraron las curvas características de retención de humedad, en muestras disturbadas y sin disturbar, para cada suelo estudiado. En base a las diferencias presentadas entre una curva y otra, a las diferentes tensiones, se determinó, que tales curvas deben construirse con los valores de humedad del suelo obtenidos en muestras sin disturbar, hasta 5 atmósferas; a tensiones mayores, pueden utilizarse los valores obtenidos en muestras disturbadas.

Además se determinó, en el trabajo, la densidad aparente del suelo ( $D_a$ ), con el fin de expresar los contenidos de humedad obtenidos, en base a volúmen.

Los valores de  $D_a$ , para cada suelo se obtuvieron con los métodos del "núcleo" (muestras sin disturbar), y de la "parafina". Se encontró correlación significativa para los dos métodos, pero se concluyó que el del "núcleo" presenta valores más confiables. Además, el método de la parafina es menos exacto y preciso, y sobreestima al del "núcleo" aproximadamente en un 10 o/o.

## VI. SUMMARY

The present work carried out on soils of the sugar cane mill company "Central Tumaco" and Facultad de Ciencias Agropecuarias both at the Palmira County, Colombia, with the aim to determine the reliability of the values of moisture holding within the field capacity of those soils; the method of "sand tank" was used in comparison with the conventional ones:

- Gravimetric of Field method
- Pressure ceramic plate method
- Method of the Cells.

For the determination of field capacity, undisturbed samples of soil were taken with cylinders of several sizes.

Statistical analysis was applied to the obtained data in order to determine the precision and grade of association of the used methods.

According to results it was concluded that the determinations of field capacity can be made by using any one of the above mentioned methods; the size of the cylinders for the "sand tank" method has very little influence if any on the results obtained from it.

Characteristic curves of moisture holding were plotted for disturbed and undisturbed samples for each soil here studied. Bases on the differences presented by the curves for the several tensions, it was determined that such curves must be platted with the values of soil moisture obtained from undisturbed samples up to 5 atmospheres. For higher tensions the values obtained from disturbed samples can be used.

The apparent density of the soil also was determined in order to express in volume base the obtained moisture contents.

The values for apparent density in each soil were obtained by using the method of nucleus (undisturbed samples) and the paraffin one.

The presented correlation for these two methods was significative but it was concludes that the method of nucleus gives more reliable values than the paraffin one for the study of soils and irrigation there involved; firyhermore the last one less exact and precise and overestimates in nearly 10 o/o that one of the nucleus.

## VII. BIBLIOGRAFIA

1. BLAIR, E. F. Manual de Riegos y Avenamientos. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Lima, Perú. 1963. pp. 23-25.
2. GONZALEZ M., A. Manual de Laboratorio de suelos. Palmira, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía, 1964. p. 96.
3. GRILLO F., M. Relaciones suelo-agua-planta. Palmira, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, s.f. p. 19. (Conferencias mimeografiadas).
4. ——— Riegos y Drenajes. Estimación del contenido de humedad. Palmira, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía, s.f. 8h (Laboratorio I, mimeografiado).
5. FRYER, H. C. Concepts and Methods of Experimental Statistics. Boston, Allyn and Bacon, 1966. p. 579.
6. RICHARDS, L. A. Methods of measuring soil moisture tension. Soil Sci. 68: 95-109. 1949.
7. SALTER, P. J. Methods of determining the Moisture Characteristics of Soils. Experimental Agriculture 3 (2): 163-165. 1967. ✓
8. SNEDECOR, G. W. Statistical Methods. Ames, Iowa, The Iowa State College Press, Srd ed. 1962. p. 422.
9. SOILTEST CATALOGUE 1960. Tempe pressure Cell. Illinois p. 375.