

EVALUACION DE CUATRO METODOS PARA DETERMINAR LA
CAPACIDAD DE CAMPO EN SUELOS DEL MUNICIPIO DE PASTO

Por

Efrén Coral Quintero

Tesis de grado presentada como requisito
parcial para optar al título de

INGENIERO AGRONOMO

Presidente de Tesis

Gonzalo Palomino O., I.A.

Ricardo Guerrero R., I.A., M.Sc.

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
INSTITUTO TECNOLOGICO AGRICOLA

Pasto - Colombia

1.970

FN
T
631.4
C787

- II -

"Las ideas y conclusiones aportadas en la tesis de grado, son de responsabilidad exclusiva de sus autores".

Artículo 1 del Acuerdo 324 (Octubre 11) de 1.966 emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

A LA MEMORIA DE MIS PADRES

A MIS HERMANOS

A MARIA LUISA

A CARMEN EUGENIA

DEDICO

CONTENIDO

I. INTRODUCCION

II. REVISION DE LITERATURA

1. Conceptos y definiciones de campo

2. Características de campo de trabajo

3. Conceptos de campo de trabajo

4. Características de campo de trabajo

5. Características de campo de trabajo

III. MATERIALES Y METODOS

1. Materiales

2. Metodos

AGRADECIMIENTOS A:

GONZALO PALOMINO O., I.A.

por su colaboración inicial

RICARDO GUERRERO R., I.A., M.Sc.

por su colaboración final

HUMBERTO ESCOBAR

SERVIO T. CARVAJAL

Todas las personas que colaboraron
en el desarrollo del presente tra-
bajo.

CONTENIDO

	Pág.
I. INTRODUCCION	1
II. REVISION DE LITERATURA	3
1. Conceptos sobre capacidad de campo	3
2. Determinación de capacidad de campo	4
3. Humedad equivalente	5
4. Fuerzas de tensión	7
5. Columnas de suelo	10
III. MATERIALES Y METODOS	
1. Materiales	12
2. Métodos	14
2.a Contenido de humedad	14
2.b Textura	14
2.c Capacidad de campo, método de campo	14
2.d Humedad equivalente	15
2.e Humedad a 1/3 de atmósfera	15
2.f Método de columnas de suelo	16
2.g Métodos estadísticos	17
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	18
1. Relación entre la humedad equivalente y el método de campo	18
2. Relación entre el método de campo y el de las ollas a presión	19
3. Relación entre el método de columnas de suelo y el método de campo	29

	Pag.
V. CONCLUSIONES	31
VI. RESUMEN	33
SUMMARY	34
VII. BIBLIOGRAFIA	35
VIII. APENDICE	39

ILUSTRACIONES

	Pag.
Figura 1. Municipio de Pasto. Localización de los sitios en los cuales se recogieron muestras de suelo	13
Figura 2. Relación entre la humedad equivalente y la determinación en el campo	23
Figura 3. Relación entre el método de las ollas a presión y el método de campo	24
Figura 4. Relación entre el método de las columnas de suelo y el método de campo	25
Figura 5. Relación entre la humedad equivalente y el método de las ollas a presión	26
Figura 6. Relación entre las columnas de suelo y la humedad equivalente	27
Figura 7. Relación entre las columnas de suelo y el método de las ollas a presión	28

		Pag.
TABLA	I. Resultado del análisis textural de las muestras	20
TABLA	II. Contenido de humedad en porcentaje, en cada una de las determinaciones	21
TABLA	III. Ecuaciones de regresión y coeficientes de correlación entre las medidas estudiadas	22

EVALUACION DE CUATRO METODOS PARA DETERMINAR LA CAPACIDAD DE CAMPO EN SUELOS DEL MUNICIPIO DE PASTO(')

Por

EFREN CORAL QUINTERO

I. INTRODUCCION

El conocimiento de las características hídricas de los suelos, permite determinar el contenido de humedad de los mismos. Ese conocimiento ayuda además en la elaboración de planes eficientes para el manejo del agua del suelo.

La determinación de las constantes hídricas de los suelos, permite además la aplicación del agua de riego en el momento oportuno. Existen diferentes métodos para determinar las constantes, especialmente la capacidad de campo, algunos de manera directa y otros en el laboratorio. Muchas veces es necesario conocer el valor de las constantes, por lo cual se hace conveniente escoger un método que sea fácil de emplear, pero que al mismo tiempo permita obtener valores con bastante rapidez y e-

(') Tesis de grado presentada como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo, bajo la Presidencia de GONZALO PALOMINO O., I.A. y RICARDO GUERRERO R., M.Sc. a quienes el autor agradece.

xactitud. En el presente trabajo se pretende encontrar un método que por medio de aparatos sencillos de manejar y de bajo costo, permita realizar la determinación de la ca pacidad de campo, con aproximación al método tradicional de campo.

II. REVISION DE LITERATURA

En el presente capítulo se van a tratar algunos aspectos relacionados con la capacidad de campo y su determinación. En primer lugar algunos conceptos sobre capacidad de campo, determinación de la misma en el campo, relación con la humedad equivalente, con las fuerzas de tensión y con columnas de suelo.

1. Conceptos sobre capacidad de campo

La capacidad de campo ha sido definida como el límite más alto del contenido de humedad del suelo, encontrado bajo condiciones de campo, en un suelo con buen drenaje interno, y representa la cantidad de agua retenida por el suelo una vez drenado el exceso y cuando el movimiento descendente del agua, practicamente ha cesado. La capacidad de campo, se ha designado también como la capacidad normal de campo, capacidad normal de humedad, capacidad capilar (15).

Work y Lewis, citados por Kramer (15), en el año de 1.934, encontraron que la capacidad de campo para un suelo pesado, es igual al contenido de humedad, después de 3 a 4 días de un riego. En suelos de textura media o gruesa, con un buen drenaje, se puede determinar 2 ó 3 días después de un riego.

La capacidad de campo representa el contenido de humedad del suelo, cuando el agua que éste contiene deja de fluir por gravedad. Cuando esto ocurre, deja de existir el agua gravitacional; en suelos con buen drenaje interno, la máxima capacidad de almacenamiento de agua, está representada por el contenido de humedad en la capacidad de campo (22).

Veihmeyer y Hendrickson establecieron que la capacidad de campo no constituye un valor de verdadero equilibrio, sino únicamente una condición de movimiento lento de agua en el suelo. La mayoría de los suelos alcanzan su capacidad de campo muy rápidamente. El tiempo requerido para el drenaje y por tanto para alcanzar la capacidad de campo, dependerá de la altura del nivel freático respecto a la superficie (15).

De las anteriores exposiciones se deduce que la capacidad de campo es una función directa del tiempo y su importancia no puede ser sobreenfatizada. Además su valor dependerá de las condiciones de textura y estructura del suelo y en general de las condiciones del perfil (4).

2. Determinación de capacidad de campo.

La capacidad de campo se puede determinar por medio de:

- a) Método directo o de campo
- b) Métodos indirectos, de laboratorio

El método directo o de campo, es aquel que se determina en el suelo completamente húmedo, cuando el movimiento gravitacional del agua ha cesado.

Para hacer esta determinación, se deben tener en cuenta las siguientes normas: 1) saturación completa del suelo, que se logra mediante la aplicación de una abundante cantidad de agua, 2) reducción al máximo de la evaporación superficial, 3) realizar la determinación, en un sitio libre de vegetación para evitar la transpiración, 4) determinación periódica del porcentaje de humedad, a partir del segundo día, hasta cuando ese porcenta-

je se vuelva constante, 5) suelo con un nivel freático su ficientemente profundo para evitar el efecto de la capilaridad (5).

El método directo tiene el inconveniente de que se necesita un buen control y requiere el transcur so de cierto tiempo, especialmente en suelos de drenaje lento, para obtener un valor real de la capacidad de campo (9).

La determinación en el campo, es a menudo dispendiosa, debido a la necesidad de contar con un buen abastecimiento de agua, y por otra parte, a las múltiples precauciones que se deben tomar en relación con la posición del nivel freático y con la evaporación de agua de la superficie, lo cual lo hace un método bastante labo rioso (5). A pesar de todas estas desventajas, es el único que da valores reales y exactos de la capacidad de campo de un suelo.

Numerosas investigaciones se han realizado con el objeto de establecer métodos para determinar de manera indirecta la capacidad de campo. Entre los métodos que se han desarrollado se encuentran: la humedad equivalente, las fuerzas de tensión y las columnas de sue lo; métodos que sufren algunas modificaciones, de acuerdo a la región en donde se aplican.

3. Humedad equivalente.

En 1.931, Veihmeyer y Hendrickson, encon traron que la humedad equivalente estaba estrechamente re lacionada con la capacidad de campo en suelos de textura fina, no así en los arenosos (3).

El concepto de humedad equivalente, fué introducido en 1.907 por Briggs y McLaine, e indica el contenido de agua de una muestra de suelo, cuando ha sido sometida a una fuerza centrífuga equivalente a 1.000 veces la fuerza de la gravedad (3, 22, 15).

Work y Lewis, en 1.931, en trabajos con suelos de Oregón, encontraron que la humedad equivalente no era igual a la capacidad de campo y consideraron que una relación de tal naturaleza no se debía tener en cuenta sin compararla con determinaciones realizadas en el campo, y con observaciones en los mismos suelos (15).

En 1.941, Browning citado por Becerra y Blair (5), encontró que la relación entre la capacidad de campo y la humedad equivalente, es igual a la unidad cuando ésta se encuentra cerca del 21%; mayor que la unidad, para valores por debajo del 21% y menor de la unidad para suelos con humedad equivalente por encima del 21%; concluye luego que esta relación disminuye con el perfil.

Para Thorne y Peterson (23), las relaciones entre capacidad de campo y humedad equivalente son fortuitas, ya que las condiciones del recipiente, la estructura, la distribución de los espacios porosos y otros factores son bastante diferentes en una centrífuga y en el campo.

Alway y McDale, citados por Baver (3), encontraron que la capacidad de campo de las arenas era más alto que la humedad equivalente y que en los limos los dos valores eran iguales.

Peele, Beale y Lesesne en 1.948, citados

por Israelsen y Hansen (14), desarrollaron una ecuación de tipo lineal, que relaciona los valores de humedad equivalente y capacidad de campo, después de numerosas determinaciones de ambos valores. La fórmula en mención tiene la siguiente expresión:

$$C.C. = 0.865 (H.E.) + 2.62$$

Chong en el Perú (10), introduce la modalidad de 3.000 r.p.m., en lugar de 2.440, para determinar la humedad equivalente. Becerra y Blair (5), en 1.960 al estudiar las relaciones entre humedad equivalente y capacidad de campo, encontraron ligeras diferencias respecto a la relación encontrada por Peele, Beale y Lesesne, y desarrollaron una nueva ecuación para algunos suelos del Perú. La ecuación encontrada fué:

$$C.C. = 0.774 (H.E.) + 4.41$$

4. Fuerzas de tensión.

Israelsen y Hansen (14), indican que la tensión con que el agua está retenida a la capacidad de campo, varía entre 1/10 y 1/3 de atmósfera. El valor correcto depende de las características del drenaje y del tiempo después del riego, en que se hagan las determinaciones. En los suelos arenosos este valor tiende a estar cerca de 1/10 de atmósfera y en los arcillosos de 1/3. Para la mayoría de los suelos corresponde mejor el primer valor antes que el segundo.

Bouyoucos en 1.935, empleó embudos Buchner para encontrar la fuerza con que el agua está retenida al nivel de capacidad de campo (6).

9 Richards (21), en 1.941 empleó membranas de presión con el mismo fin. Posteriormente Richards y Weaver, hicieron estudios sobre las relaciones entre humedad equivalente y la humedad retenida cuando los suelos eran sometidos a fuerzas de succión de $1/3$ de atmósfera, a proximadamente 340 cm. de columna de agua, y concluyeron que los valores obtenidos concordaban con bastante aproximación (3).

Schofiel, sugiere un valor equivalente a 1.000 cm. de columna de agua; sin embargo este valor parece un tanto alto con respecto a la correlación existente entre la humedad equivalente y la capacidad de campo (3).

Marshall encontró que la tensión con que el agua está retenida al nivel de capacidad de campo, en un suelo arenoso, era cercano a 71 cm. de columna de agua (3).

Según Thorne y Peterson (23), quienes citan a Richards y Weaver, los datos del tensiómetro indican que las lecturas del mismo para capacidad de campo, corresponden a $1/10$ de atmósfera, aproximadamente 100 cm. de agua.

Cornejo (9), en su estudio sobre las relaciones agua-suelo, cita el método de la tensión, basado en los trabajos de Richards y Weaver. Los materiales empleados para esas determinaciones son la mesa o platos de tensión y las ollas o membranas de presión. Chong (10), también cita el método de la tensión, pero empleando los embudos Buchner, basado en los trabajos de Bouyoucos.

Schofield, citado por Kramer (15), defi-

ne el pF como el logaritmo del potencial capilar o la energía libre cuando ésta se expr. sa en centímetros de columna de agua. También se define el pF como el logaritmo de la altura en centímetros de columna de agua necesaria para una succión determinada. En trabajos realizados encontró que para la capacidad de campo corresponde un valor de 2.54 en la escala de pF.

Becerra y Blair (5), encontraron que la capacidad de campo se puede determinar en función del porcentaje de humedad retenido por una muestra de suelo, contra una succión equivalente a una columna de 40 cm. de altura utilizando para ello la mesa de tensión. Del trabajo realizado se desarrolló la siguiente ecuación:

$$C.C. = 0.779 (H_{40}) + 3.966,$$

con un coeficiente de correlación igual a 0.950.

González y Delgado (13), determinaron las curvas de pF de 27 suelos correspondiente al Valle del Cauca y el Tolima, para comparar los diferentes estados de humedad de los suelos. Los suelos empleados fueron divididos en dos grupos: suelos del Tolima y suelos del Valle del Cauca, cuya textura general era Franco arenoso para los primeros y arcilloso para los segundos. Adames y Levy (1), emplearon la interpolación de curvas de pF para determinar la capacidad de campo, al estudiar las propiedades físicas de algunos suelos del Valle del Cauca, y encontraron que la alteración de la estructura trae como consecuencia una disminución de la capacidad de retención de humedad de los suelos, lo mismo que los suelos con mayor contenido de materia orgánica y arcilla.

En Nariño, Escobar y Jurado (11), emple

an la tensión de $1/3$ de atmósfera, y consideran que este valor es igual al de la capacidad de campo. La experimentación se realizó en suelos volcánicos del municipio de Pasto. Al correlacionar con la humedad equivalente, en contraron un coeficiente de correlación igual a 0.98. También encontraron que la materia orgánica influye en forma inversamente proporcional sobre las constantes de humedad.

Bastidas y Jácome (2), al determinar las propiedades físicas en suelos del Valle de Sibundoy, emplean las curvas de pF, para determinar la capacidad de campo.

5. Columnas de Suelo

Se ha encontrado una alta correlación entre la capacidad de campo determinada en el campo y el contenido de humedad de columnas de suelo. Shaw en 1.927, encontró que la adición de 6 pulgadas (15,24 cm.) de agua a la superficie de una columna de suelo de 36 pulgadas (91,44 cm), daba como resultado un contenido uniforme de humedad a las 24 pulgadas (60.96 cm); al contenido de humedad en esa profundidad la denominó capacidad normal de humedad (3).

Miller y Mc Murdie (18), determinaron la capacidad de campo en columnas de suelo de 40 cm. El suelo permanece durante 40 horas en las columnas, al cabo de las cuales se le determina el contenido de humedad que representa la capacidad de campo. Cornejo (9), al aplicar este método obtuvo valores más altos para la capacidad de campo.

Malagón (16), cita como método el de las columnas de Colman, método que ha sido mejorado y modificado. Este autor emplea tubos plásticos, el suelo se localiza sin ninguna acomodación, se aplica agua según la textura y se sigue el frente húmedo hasta que su variación sea mínima. Se saca el cilindro de suelo, se divide en tres partes y a la parte central se le determina el porcentaje de humedad que representará la capacidad de campo.

En Chapingo, México, también se emplean las columnas de Colman modificadas. El método se conoce como columnas de Chapingo. Por medio de este método se pueden obtener valores de capacidad de campo bastante aceptables (19).

De la anterior discusión resulta claro que la única manera de establecer el verdadero valor de la capacidad de campo, es a través de mediciones directas en el campo. Los métodos de laboratorio presentan ventajas considerables, ya que abren la posibilidad de estudiar como varía la capacidad de campo con el perfil, y en áreas extensas de terreno con relativa facilidad.

Los métodos de laboratorio son relativamente sencillos en su aplicación, pero algunos implican el empleo de equipos relativamente costosos y otros ofrecen dificultades en el laboratorio.

III. MATERIALES Y METODOS

1. Materiales.

Para realizar el estudio, se escogieron 13 muestras de suelo provenientes de 2 zonas del municipio de Pasto: una zona, el Altiplano de Pasto con 11 muestras y la otra la Planada de Cano, (Chachagüí), para obtener más variabilidad en los suelos. Los sitios se escogieron de acuerdo a algunos trabajos anteriores, en los cuales se encuentra la descripción de los perfiles.

Los sitios determinados fueron los siguientes:

Nombre	No. de la muestra
Granja Botana	1 y 2
Granja Lope-Sena	3
Catambuco	4
Cujacal	5 y 6
Chachagüí	7 y 8
Aranda	9
La Laguna	10 y 11
Mapachico	12
Cabrera	13

En la figura 1, se encuentra la localización de los sitios.

Las muestras se tomaron de los primeros 30 cm. del suelo. En los mismos sitios se determinó posteriormente la capacidad de campo. La descripción de los perfiles se tomó directamente de trabajos realizados anteriormente.

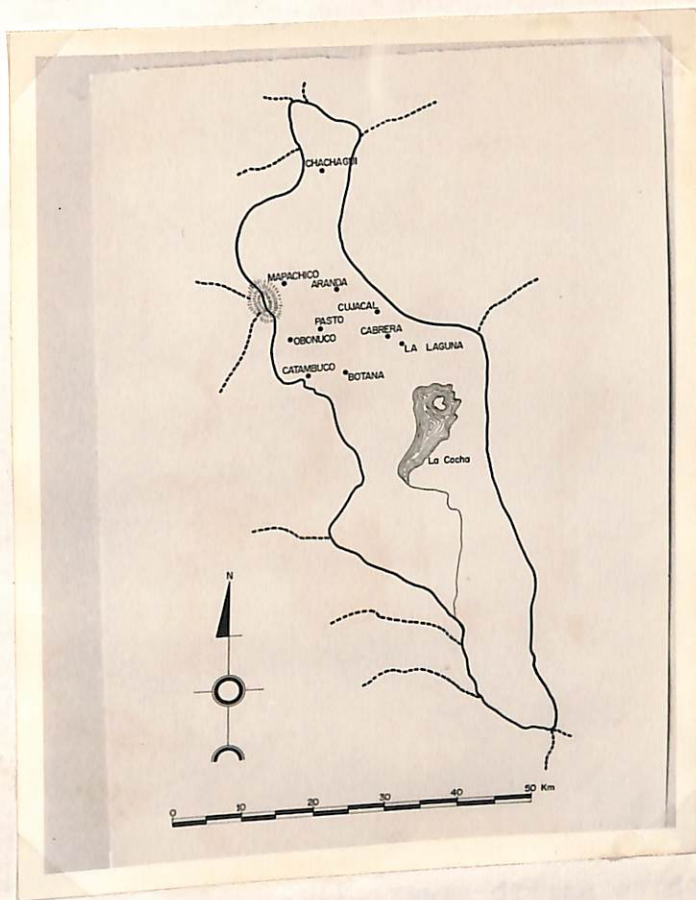


Figura 1. Municipio de Pasto. Localización de los sitios en los cuales se recogieron muestras de suelo.

Fotocopia: A. Bravo

Para las determinaciones de laboratorio se emplearon los materiales y equipos de los laboratorios de suelo de las Facultades de Agronomía de Pasto y Palmira.

2. Métodos.

Una vez obtenidas las muestras de suelo, se secaron al aire, se molieron y se tamizaron a 2 mm.

2. a. Contenido de humedad

El contenido de humedad de las muestras de suelo, se determinó en base a suelo seco, después de llevar las muestras a sequedad en la estufa a 105° C. durante 24 horas.

2. b. Textura.

La textura fue determinada de dos maneras: una tentativa en el campo, para evitar excesiva repetición de clases texturales, se realizó al tacto y una segunda, en el laboratorio. Esta última se determinó por el método de Boyoucos, que se basa principalmente en la velocidad de caída de las partículas de suelo y por tanto en la densidad de la suspensión formada. Se siguió la técnica descrita por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (8).

2. c. Capacidad de campo, in situ.

Para realizar esta determinación se siguió el procedimiento descrito por Cornejo (9), que a su vez es una modificación del presentado por Peters (20).

El proceso fue el siguiente: en el sitio donde se había tomado la muestra de suelo anteriormente, se escogió una área, de 1 m² aproximadamente; en esta área, bastante libre de vegetación se aplicó un riego abundante, para asegurar lo mejor posible la saturación completa del suelo. Después de regada el área se cubrió con polietileno y residuos vegetales para evitar la evaporación. Cuarenta y ocho horas después, se tomaron muestras a las cuales se les determinó el porcentaje de humedad. Para el transporte, se emplearon cajas metálicas convenientemente tapadas y previamente taradas.

2. d. Humedad equivalente

Esta determinación se efectuó en el Laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía de Palmira, según el proceso descrito por González (12).

Se empleó una centrifuga Internacional, con sus respectivas cajillas. Se recubrió el fondo de cada cajilla con papel filtro y se colocaron aproximadamente 25 gr. de suelo seco al aire y tamizado; se dejaron humedecer por capilaridad durante 24 horas. Pasado este tiempo, se colocaron las muestras en papel periódico húmedo y luego se llevaron a la centrifuga durante media hora a 2.440 r.p.m. que equivalen a 1.000 veces la fuerza de gravedad. Después del proceso de centrifugación, las muestras se pasaron a recipiente previamente tarados y se llevaron a la estufa para determinar el porcentaje de humedad.

2. e. Humedad a 1/3 de Atmósfera.

Este método se realizó de acuerdo al

descrito en el Manual de Métodos Analíticos del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (8).

Se emplearon las ollas de presión del Laboratorio de Palmira, con todos sus implementos, como: placas de cerámica y anillos de caucho. Para provocar el vacío se empleó un compresor de aire.

Las muestras se colocaron a saturación durante 16 horas, lo mismo que el plato de cerámica. Después de saturadas se colocaron en la olla de presión durante 48 horas, al cabo de las cuales se determinó el porcentaje de humedad.

2. f. Columnas de suelo.

Este método es una aplicación modificada del empleado en Chapingo, México, descrito por Palacios (19).

El suelo seco al aire y tamizado, se llenó en tubos plásticos de 23 cm. de largo y 2.5 cm. de diámetro; para evitar que el suelo se saliera, el extremo inferior se tapó con papel filtro y malla. Al echar el suelo, se picó con un punzón para lograr una compactación similar a la del campo. Cuando se llenó el tubo hasta los 20 cm., se le agregó agua hasta que empezó a humedecerse el papel filtro, luego se dejó reposar por 24 horas. El extremo que estaba destapado se cubrió ligeramente, para evitar un exceso de evaporación, y al mismo tiempo para que el aire circulara más o menos libremente. Se dejó reposar durante un período de 48 horas, luego de las cuales, la muestra se sacó del tubo plástico y se dividió en tres partes. A la parte central se le determinó el por

centaje de humedad, cuyo valor se considera cercano o igual a la capacidad de campo.

2. g. Métodos estadísticos.

Para la evaluación de los métodos de laboratorio, se empleó la correlación y la regresión lineal simple. Las relaciones estudiadas fueron las siguientes:

Humedad equivalente	-	Método de campo
Ollas de presión, 1/3 at.	-	Método de campo
Columnas de suelo	-	Método de campo
Humedad equivalente	-	Ollas de presión
Columnas de suelo	-	Humedad equivalente
Columnas de suelo	-	Ollas de presión.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

En la tabla I se encuentran los resultados obtenidos en las determinaciones de la textura, en la tabla II, los porcentajes de humedad de los métodos empleados, determinados en base al peso seco del suelo en la estufa. Los porcentajes en esta tabla se encuentran ordenados de acuerdo a la numeración seguida en la tabla I.

En la tabla III se encuentran las ecuaciones de las líneas de regresión y el correspondiente coeficiente de cada una de las relaciones estudiadas.

1. Relación entre la humedad equivalente y el método de campo. se obtuvo un coeficiente "r" igual a 0,952 y la ecuación de regresión entre los dos métodos se formula como: C.C.(') = 0.732 H.E. (") + 4,315. En la figura 2 se muestra la línea de regresión correspondiente.

Al observar esta correlación se nota el alto grado de ella, lo cual indica que la humedad equivalente se puede tomar como una medida indirecta de la capacidad de campo. El resultado obtenido en el presente trabajo difiere en una forma bastante apreciable con respecto a la ecuación determinada en forma más amplia por Poole, Beale y Lesesne, en 1.948. En la figura 2 se observan las dos representaciones respecto a esta relación.

(') C.C.: se empleará para Capacidad de campo
(") H.E.: Se empleará para Humedad equivalente

Este resultado además concuerda con varios trabajos anteriormente realizados, bajo condiciones diferentes de suelo, tal como el realizado por Becerra y Blair (5), quienes obtuvieron un coeficiente de correlación igual a 0,983, lo cual hace pensar que la humedad equivalente se puede tomar como una medida de la capacidad de campo en suelos con alto contenido de arcillas, como es el caso estudiado, y de acuerdo con lo expuesto por Veihmeyer y Hendrickson (3). Se puede observar también que en los suelos francos existe una relación más estrecha, lo cual concuerda con observaciones de otros autores, los cuales han encontrado relaciones de esta naturaleza, o por lo menos bastante semejantes, tales como Alway y Mc Dale citados por Bayer (3).

2. Relación entre el método de las ollas de presión y el método de campo. Esta correlación dio un coeficiente "r" igual a 0.938, y la ecuación de regresión es de la forma $C.C. = 0.796 \frac{1}{3} \text{ at. } (') + 9,224$. En la figura 3, se puede observar la recta de regresión correspondiente.

En la zona próxima a la capacidad de campo, la fuerza con que es retenida el agua es primordialmente de naturaleza molecular, o sea la atracción del agua por las partículas de suelo. También tienen influencia la naturaleza del complejo coloidal, el tipo de arcilla, el perfil del suelo y otros factores que hacen del fenómeno de retención un aspecto complejo de la relación agua-suelo.

(') $\frac{1}{3}$ at.; se empleará para el método de las ollas a presión.

TABLA I
RESULTADO DEL ANALISIS TEXTURAL
DE LAS MUESTRAS

MUESTRA	SITIO	ARENAS %	LIMOS %	ARCILLAS %	TEXTURA
1	Botana	5,00	10,50	84,40	Arc.
2	Botana	26,90	46,10	27,00	Fco.
3	Lope-Sena	38,06	45,20	16,74	Fco.
4	Catambuco	35,70	36,33	27,96	Fco. arc.
5	Cujacal	39,15	43,35	17,50	Fco.
6	Cujacal	49,10	24,90	26,00	Fco. arc. aro.
7	Chachagüí	39,50	32,40	28,20	Fco. arc.
8	Chachagüí	39,04	32,51	28,44	Fco. arc.
9	Aranda	25,40	51,86	12,74	Fco. limoso
10	La Laguna	31,05	38,30	30,65	Fco. arc.
11	La Laguna	49,10	17,84	36,06	Arc. Aro..
12	Mapachico	42,20	33,10	27,70	Fco.
13	Cabrera	31,06	42,33	26,61	Fco.

TABLA II
CONTENIDO DE HUMEDAD, EN PORCENTAJE,
DE CADA UNA DE LAS DETERMINACIONES

MUESTRA	CAPACIDAD DE CAMPO	HUMEDAD EQUIVALENTE	TENSION A 1/3 at.	COLUMNAS DE SUELO
1	23,983	29,572	21,265	31,331
2	41,978	49,218	40,439	32,985
3	25,096	30,223	20,925	38,357
4	35,942	41,901	34,485	30,015
5	30,498	35,116	22,777	30,477
6	24,537	24,375	17,175	20,122
7	30,659	36,860	22,771	20,371
8	28,314	34,756	23,886	27,081
9	27,456	33,118	21,718	28,112
10	27,149	32,041	23,358	29,653
11	25,289	24,114	23,448	23,561
12	22,176	26,099	18,427	38,357
13	27,275	32,031	23,591	31,829

TABLA III

ECUACIONES DE REGRESION Y COEFICIENTES DE
CORRELACION ENTRE LAS MEDIDAS ESTUDIADAS

RELACION	ECUACION	r OBTENIDO	r CALCULADO LL G.L.
			5% 1%
C.C. - H.E.	$y = 4,315 + 0,796x$	0,952 ⁺⁺	0,553 0,684
C.C. - 1/3 at.	$y = 9,224 + 0,796x$	0,938 ⁺⁺	" "
C.C. - Col.suelo	$y = 0,627 + 0,973x$	0,913 ⁺⁺	" "
Col.suelo - H.E.	$y = 24,463 + 0,299x$	0,216N.S.	" "
Col.suelo - 1/3 at.	$y = 15,353 + 0,309x$	0,246N.S.	" "
1/3 at. - H.E.	$y = -2,119 + 0,797x$	0,880 ⁺⁺	" "

++ Altamente significativo

N.S. No significativo

G.L. Grados de libertad

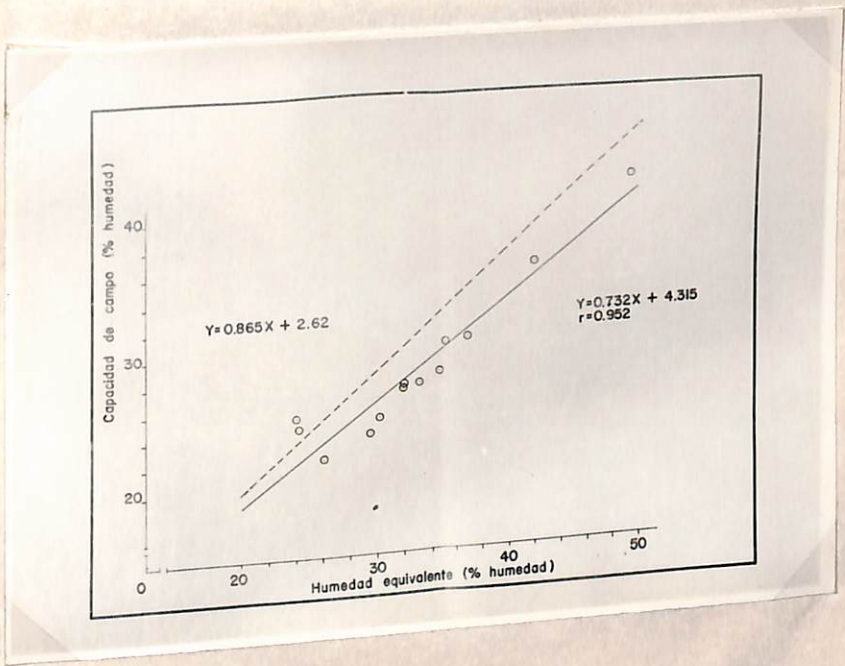


Figura 2. Relación entre la humedad equivalente y la determinación en el campo.

Fotocopia: I. Santacruz

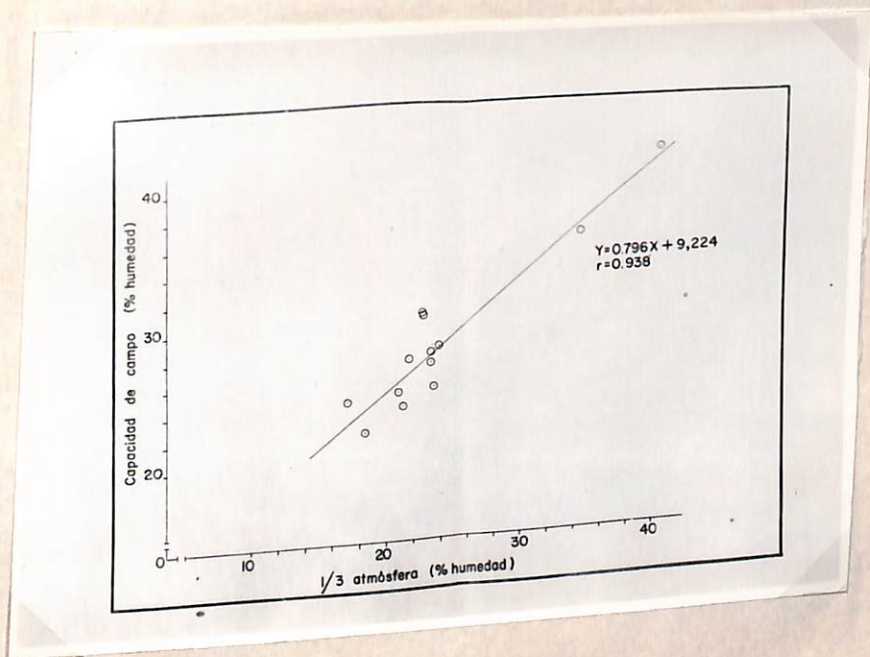


Figura 3. Relación entre el método de las ollas a presión y el método de campo.
Fotocopia: I. Santacruz

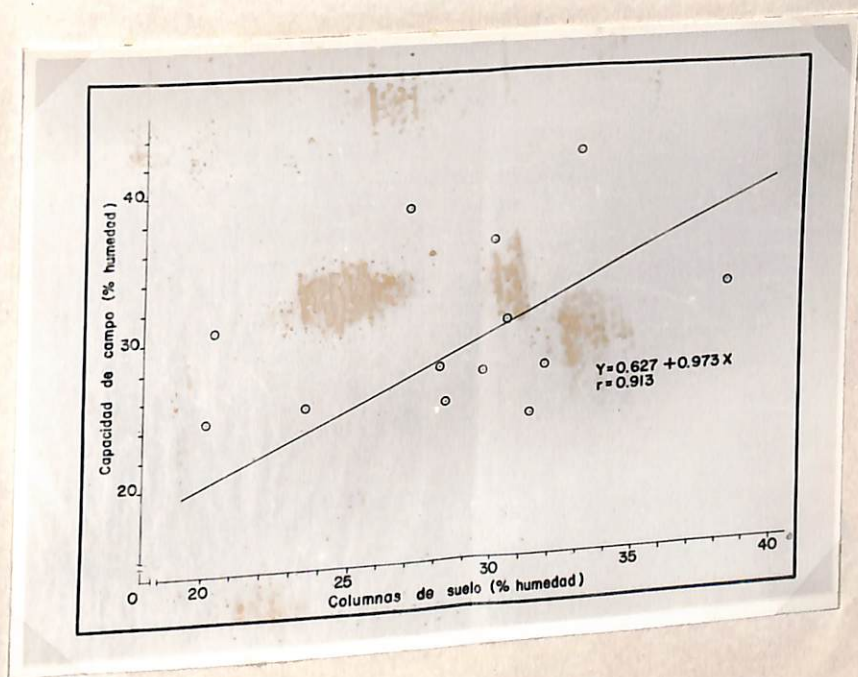


Figura 4. Relación entre el método de las columnas de suelo y el método de campo.
Fotocopia: I. Santacruz

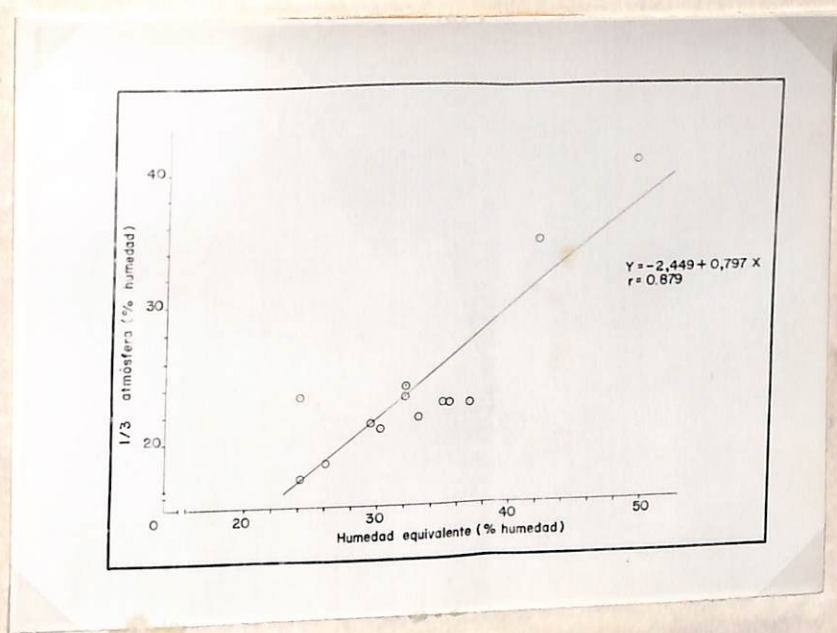


Figura 5. Relación entre la humedad equivalente y el método de las ollas a presión.

Fotocopia: I. Santacruz

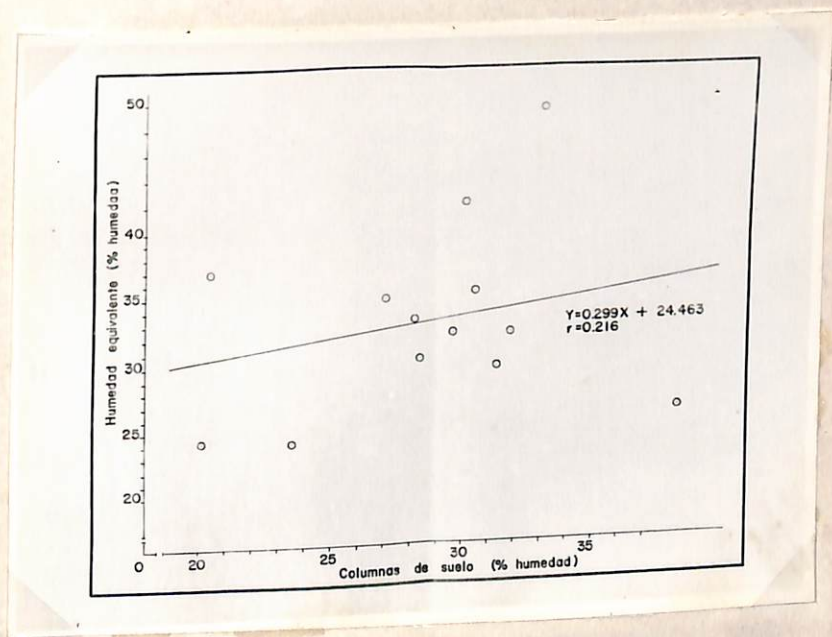


Figura 6. Relación entre las columnas de suelo y la humedad equivalente.

Fotocopia: I. Santacruz

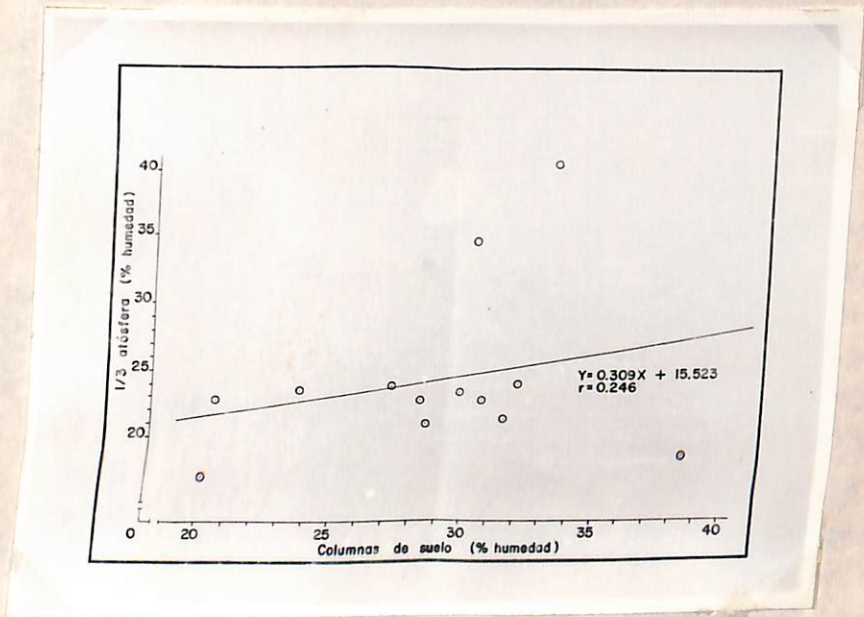


Figura 7. Relación entre las columnas de suelo y el método de las ollas a presión.

Fotocopia: I. Santacruz

En el límite de la capacidad de campo, la fuerza con la cual está retenida el agua está en discusión. Para algunos investigadores como Marshall y Stink (7), este valor corresponde al contenido de humedad, cuando un suelo ha sido sometido a una fuerza de succión equivalente a 50 ó 100 cm. de columna de agua, o sea entre $1/20$ y $1/10$ de atmósfera de succión o de tensión. Este resultado también es reportado por Richards y Weaver (3). Otros investigadores como Schofield (3) sugiere un valor equivalente a 1.000 cm. de agua o sea la atmósfera de tensión, aunque este valor es bastante alto teniendo en cuenta la relación entre la humedad equivalente y la capacidad de campo.

Una gran parte de los investigadores ha determinado para la capacidad de campo, la succión equivalente a $1/3$ de atmósfera, lo cual es valedero para la mayoría de los suelos. Teniendo en cuenta la alta correlación existente entre la humedad equivalente y $1/3$ at., que se observa en el presente trabajo se puede aceptar el empleo de este método como una medida indirecta de la capacidad de campo. Sin embargo, es conveniente estudiar este método con suelos de diferente origen y mediante la aplicación de succiones desde 20 cm. de agua hasta 1 at. de presión, para encontrar el verdadero valor.

3. Relación entre el método de las columnas de suelo y el método de campo. En esta relación, el coeficiente de correlación fué igual a 0.913 y la ecuación de regresión encontrada C.C. = 0.973 (col. suelo) + 0.627. En la figura 4, se observa la recta de regresión correspondiente.

A la luz de la alta correlación observada

da entre las dos determinaciones, se puede decir que las colimnas de suelo son una buena manera de determinar la capacidad de campo en el laboratorio, sin dejar de tener en cuenta lo que se decía anteriormente sobre las demás condiciones que pueden afectar la determinación, tal como el contenido de arcillas y el contenido de materia orgánica.

Este método muestra el mismo o por lo menos parecido resultado, que en Chapingo (México), en donde se emplea con bastante éxito y se considera como una buena aproximación a las determinaciones del campo, tal como lo reporta Palacios (19). Malagón y Suárez (16), también recomienda este método especialmente para suelos orgánicos. Este mismo investigador concluye, que para suelos arcillosos y con poca materia orgánica, se puede emplear indistintamente, la centrifugación o las columnas de suelo.

V. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en el presente trabajo, se pueden sacar las siguientes conclusiones.

1. Existe una alta correlación positiva y significativa entre los porcentajes de humedad de los diferentes métodos empleados: método de campo, humedad equivalente, método de las columnas de suelo, método de las ollas a presión de $1/3$ de atmósfera.

2. La existencia de estas altas correlaciones abre la posibilidad de encontrar fórmulas adecuadas y relativamente exactas, para determinar en forma indirecta la capacidad de campo.

3. De los tres métodos indirectos, todos muestran alta correlación, como se ha dicho anteriormente; sin embargo, las columnas de suelo presentan ciertas ventajas sobre los otros, por la sencillez de manejo y el bajo costo del equipo necesario para realizarlo.

4. Una fórmula preliminar, para el empleo del método anterior, se ha obtenido en el presente trabajo, con la siguiente expresión:

$$C.C. = 0.973 (\text{Col. Suelo}) + 0.627$$

5. Se debe notar también la relativa semejanza existente entre la ecuación encontrada por Peele, Beale y Lesesne, con la encontrada en el presente trabajo, respecto a la comparación entre la humedad equivalente y la capacidad de campo.

6. Es evidente que los resultados de este estudio, podrían adquirir mayor validez, si se ampliaran los trabajos en esta dirección, con el empleo de un mayor número de suelos y de diferente origen.

7. Es conveniente ampliar los estudios, con la observación de los efectos de las diferentes propiedades físicas y químicas que pueden influir en las determinaciones indirectas de la capacidad de campo, especialmente el contenido de arcillas y de materia orgánica.

VI. RESUMEN

El presente estudio se realizó, en sue los del Municipio de Pasto, con el fin de encontrar un mé todo para determinar la capacidad de campo de una manera rápida y más o menos exacta, al compararla con los resultados obtenidos en el campo.

Se estudiaron cuatro métodos: método de campo, $1/3$ de atmósfera, humedad equivalente y columnas de suelo. De acuerdo a los resultados, este último, se puede emplear, por la facilidad en el manejo y el bajo costo del equipo necesario. Con este método se obtuvo un coeficiente "r" igual a 0.913

Para una aplicación con seguridad de este método se recomienda hacer un estudio de las relaciones que existan entre el agua y propiedades físicas y químicas, principalmente el contenido de arcillas y la materia orgánica.

SUMMARY

In order to find out a method for determining field capacity, rapidly and exactly, this study was carried out in municipality of Pasto soils.

Four methods were compared: field method, $1/3$ at., equivalent moisture and soil columns. In accordance of results, the last method (soil columns), may be used, because it is of easy handling and enough cheap.

This method gives a high correlation with field method, "r": 0.913. For a better use of method it is necessary study another characteristics, physical as well as chemical, clay content and organic matter principally.

VII. BIBLIOGRAFIA

- 1.- ADAMES, B.J. y L.LEVY. 1.960. Propiedades físicas de algunos suelos del Valle del Cauca. Facultad de Agronomía. Palmira, Colombia. Tesis de grado. 62 p.
- 2.- BASTIDAS, A. y M.JACOME. 1.969. Propiedades físicas de los suelos del Valle de Sibundoy, Putumayo. Facultad de Agronomía. Pasto, Colombia. Tesis de grado (no publicada). 154 p.
- 3.- BAVER, L.D. 1.956. Soil physics. 3^a ed. John Wiley, New York. pp. 235-285.
- 4.- BEAR, F.E. 1.965. Soil in relation to crop growth. Reinhold publishing, New York. pp. 73-74.
- 5.- BECERRA, F. y E. BLAIR. 1.960. La capacidad de campo en relación con el porcentaje de humedad retenido a 40 cm. de succión. Agronomía, Lima. 27 (5):290.
- 6.- BLAIR, E. 1.957. Manual de riegos y avenamientos. IICA Zona Andina, Lima. 320 p.

- 7.- BURROWS, W. y D. KIRKHAM. 1.958. Measurement of field capacity with a neutron meter. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 22 : 103-105.
- 8.- COLOMBIA. INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI. 1.963. Métodos analíticos del laboratorio de suelos. pp. 92
- 9.- CORNEJO, A. 1.962. Estudio de las relaciones agua-suelo. Agronomía, Lima. 29 : 17-29.
- 10.- CHONG, C. 1.956. Métodos de laboratorio para determinar la capacidad de campo. Agronomía, Lima. 21 : 35.
- 11.- ESCOBAR, G. y R. JURADO. 1.969. Propiedades físicas de algunos suelos del Municipio de Pasto. Facultad de Agronomía. Pasto, Colombia. Tesis de grado (no publicada). 81 p.
- 12.- GONZALEZ, A. 1.969. Manual de Laboratorio de suelos. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía. Palmira, Colombia. 75 p.
- 13.- GONZALEZ, A. y M. DELGADO. 1.954. Curvas de pF de un complejo de suelos del Tolima y del Valle del Cauca. Facultad de Agronomía. Palmira, Colombia. 85 p.

- 14.- ISRAELSEN, O.W. y V. HANSEN. 1.962. Irrigation principles and practices. 3^a ed. John Wiley, New York. 162 .
- 15.- KRAMER, P.J. 1.949. Plant and soil water relationships McGraw Hill, New York. 347 p.
- 16.- MALAGON, D. y J. SUAREZ. 1.968. Algunos aspectos del análisis químico y físico de suelos en tres series de la Sabana de Bogotá. CAR, Bogotá. 56 p.
- 17.- MALHERBE, I. de V. 1.962. Soil fertility. Oxford University Press, Londres. 280 p.
- 18.- MILLER, J. y J. McMURDIE. 1.953. Field capacity in laboratory columns. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 17 : 191.
- 19.- PALACIOS, E. 1.965. Cuando, cuánto y cómo regar. Ingeniería Hidráulica, México. 20 : 95-130.
- 20.- PETERS, D.B. 1.965. Water availability. In: Black, C. et al. Methods of soils analysis. American Society of Agronomy. Madison, Wis. pp 280-285.
- 21.- RICHARDS, L.A. 1.941. A pressure membrane extraction apparatus for soil solution. Soil Sci. 51 : 377.

22.- THOMPSON, L. 1.957. Soils and soil fertility. McGraw
Hill, New York. pp. 50 y sig.

23.- THORNE, D.W. y H.B. PETERSON. 1.954. Irrigated soils.
2a ed. The Blakiston Co. New York. 392 p.

AN	19614
T	
631.4	Coral Quintero, Efren
C787	Evaluación de cuatro me-
Ej.7	todos para determinar la capaci-
	dad de campo en suelos del munic. de VENICE
	Pasto.
NOMBRE	Francisco Velosquez A
No. del Carnet	9725/244
NOMBRE	JCO Redalpe 1244
No. del Carnet	
NOMBRE	GERMAN VELOSQUEZ 06'
No. del Carnet	0657
NOMBRE	Sandra Pabon 242
No. del Carnet	

AN 19614
T
631.4
C787
Ej.7