

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE AGRONOMIA



COMPARACION DE METODOS PARA DETERMINAR CAPACIDAD  
DE CAMPO (C.C.), PUNTO DE MARCHITEZ PERMANENTE  
(P.M.P.) Y DENSIDAD APARENTE EN SUELOS DE TEXTURA  
ARCILLOSA Y FRANCA.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

P R E S E N T A

JUAN CARLOS RODRIGUEZ CABRIALES

MARIN, N. L.

MARZO DE 1983.

T  
3594  
1909  
S.I.



1080063651

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE AGRONOMIA



COMPARACION DE METODOS PARA DETERMINAR CAPACIDAD  
DE CAMPO (C.C.), PUNTO DE MARCHITEZ PERMANENTE  
(P.M.P.) Y DENSIDAD APARENTE EN SUELOS DE TEXTURA  
ARCILLOSA Y FRANCA.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

P R E S E N T A

JUAN CARLOS RODRIGUEZ CABRIALES

MARIN, N. L.

MARZO DE 1983.

# INDICE

	Pag.
Indice de Tablas y figuras. ....	I
Introducción. ....	1
Revisión de Literatura. ....	3
a) Descripción, utilidad e importancia del concepto de Capacidad de Campo. ....	8
b) Descripción, utilidad e importancia del concepto de Densidad Aparente. ....	9
c) Descripción, utilidad e importancia del concepto de Punto de Marchitez Permanente. ....	10
d) Descripción de los métodos para determinar <u>Capaci</u> dad de Campo. ....	13
e) Descripción de los métodos para determinar Punto de Marchitez Permanente. ....	17
f) Descripción de los métodos para determinar Densidad Aparente. ....	21
Materiales y Métodos. ....	24
Resultados y Discusión. ....	32
Conclusiones y Recomendaciones. ....	41
Resumen. ....	43
Bibliografía. ....	45
Apéndice. ....	47

## INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

	Pag.
Figura 1. Sistema de presión para determinar Capacidad de Campo y Punto de Marchitez Permanente. ....	16
Tabla 1. Concentración de medias de los valores obtenidos por los diferentes métodos para determinar Capacidad de Campo (Pw) Marín, N.L. 1982. ....	34
Tabla 2. Análisis de Varianza para los resultados de Capacidad de Campo. Marín, N.L. 1982. ....	35
Tabla 3. Concentración de medias de los valores obtenidos por los diferentes métodos para determinar Punto de Marchitez Permanente (Pw) Marín, N.L. 1982. ..	38
Tabla 4. Análisis de Varianza para los resultados de Punto de Marchitez Permanente, Marín, N.L. 1982. ....	38
Tabla 5. Concentración de medias de los valores obtenidos por los diferentes métodos para determinar Densidad Aparente ( gr/cm <sup>3</sup> ): Marín, N.L. 1982. ....	40
Tabla 6. Análisis de Varianza para los resultados de Densidad Aparente. Marín, N.L. 1982. ....	40

## DEDICATORIA

A MIS PADRES; CON RESPETO Y ADMIRACION POR EL ESFUERZO  
REALIZADO PARA LOGRAR MI FORMACION PROFESIONAL:

HECTOR RODRIGUEZ MORENO

MA . DE LOS ANGELES C. DE RODRIGUEZ

A MIS HERMANOS; POR EL APOYO BRINDADO DURANTE  
EL TRANCURSO DE MI CARRERA:

MARIO HECTOR

RAUL

JOSE LUIS

OLGA LILIA

A IDALIA : CON TODO MI CARIÑO Y AMOR

A MIS COMPAÑEROS DE GENERACION

## AGRADECIMIENTOS

AL ING. BENJAMIN S. IBARRA RUIZ MUY ESPECIALMENTE, POR  
SU DESINTERESADA ORIENTACION Y AYUDA TECNICA EN  
EL DESARROLLO DE ESTE TRABAJO.

AL ING. CECILIO ESCAREÑO, JEFE DEL LABORATORIO DE SUELOS  
POR LAS FACILIDADES PRESTADAS PARA EL USO DEL -  
MISMO.

AL ING. CARLOS H. SANCHEZ S. POR SUS CONSEJOS Y APOYO DU-  
RANTE LA REALIZACION DEL TRABAJO.

A LA SRITA. MONICA MARTINEZ MENDOZA POR LA MECANOGR-  
FIA DE ESTE TRABAJO.

A TODOS AQUELLOS COMPAÑEROS Y AMIGOS QUE DE ALGUNA FOR-  
MA CONTRIBUYERON A LA REALIZACION DE ESTE TRABA-  
JO.

## INTRODUCCION

Actualmente la literatura reporta una diversidad de métodos para obtener los parámetros físicos del suelo como Capacidad de Campo, Punto de Marchitez Permanente y Densidad Aparente. Sin embargo se considera necesario una comparación entre ellos con el fin de determinar si hay diferencias significativas entre los mismos.

El propósito de hacer tal comparación es el de poder recomendar algún método expedito, eficaz y económico para determinar las constantes hídricas del suelo así como la Densidad Aparente del mismo, que sirva de apoyo en el manejo del agua en los programas de investigación que se desarrollen en esta Facultad.

Actualmente en las escuelas de Agricultura se utilizan métodos algo difíciles y que requieren de materiales caros para determinar algunas propiedades físicas del suelo si se determina que no hay diferencia entre los métodos para obtener las propiedades del suelo mencionadas, esto permitirá el uso de métodos más sencillos en la realización de las Prácticas de Campo que no siempre se realizan por la complejidad de algunos métodos o bien por la ausencia de equipos y materiales caros.

Debido a la importancia que en la actualidad reviste el buen uso y manejo del agua es necesario establecer los métodos más exactos para deter

## REVISION DE LITERATURA

El desarrollo de la mayoría de los cultivos de regadío se estimula con la humedad moderada del terreno y se retarda cuando ésta es deficiente.

Para que las plantas crezcan satisfactoriamente se requiere que exista cierta cantidad de aire en el suelo. De aquí que la inundación excesiva, que satura de agua los poros del suelo expulsando el aire de ellos, inhibe el desarrollo adecuado de las plantas aún cuando se les suministre agua en abundancia. Por otra parte, los suelos que tienen poca humedad retienen tan tenazmente la que les queda, que las plantas deben efectuar un consumo extraordinario de energía para obtener el agua que necesitan. Si la velocidad de absorción no es lo suficientemente elevada para mantener hidratados los tejidos, se produce entonces una marchitez permanente. Se ha pensado que las plantas crecen más rápidamente para un contenido de humedad intermedio entre estas dos húmedades extremas, y a este contenido se le llama grado óptimo de humedad.

La ampliación del conocimiento de estas dos condiciones límites de humedad del suelo, es decir el grado de marchitez permanente y el grado óptimo de humedad, ha sido objeto de numerosas investigaciones. A causa de las grandes variaciones físicas que hay de unos suelos a otros, es fácil comprender que el grado de humedad que un suelo arcilloso debe alcanzar para que se produzca la marchitez permanente de un mismo cultivo, puede

ser bastante mayor que el de un suelo arenoso. (Hidalgo, 1971).

El volumen de agua que contenga un suelo cultivado ha de estar comprendido, en todo momento, entre su capacidad de retención y el punto de marchitez. Toda el agua que exceda de la capacidad de retención se pierde por percolación y además si llega el suelo a saturarse, al ocupar el agua la totalidad de los macroporos, impide la respiración de las raíces y, de persistir el exceso de humedad, llegaría la planta a perecer por asfixia.

Por el contrario, si la sequía es tan elevada que haga descender la humedad del suelo hasta el punto de marchitez, la planta ya no puede recuperarse y perece, aún cuando se le suministre agua con posterioridad.

De aquí se deduce que el límite máximo del volumen de agua que se pueda incorporar al suelo de una sola vez será el comprendido entre los dos extremos, salvo en los riegos de tempero dados antes de la siembra para facilitar la germinación, en los que después de una pertinaz sequía puede haber descendido la humedad muy por abajo del punto de marchitez, lo que no puede ocurrir cuando el suelo esté sembrado.

Necesitamos por lo tanto conocer la capacidad de retención del suelo y el punto de marchitez pudiendo evaluarse este último como la mitad del primero; pero además será preciso tener en cuenta la profundidad útil del suelo.

Si designamos por  $v_m$  el volumen máximo teórico, por  $e$  el espesor útil del suelo, función de la profundidad de las raíces, por  $c$  la capacidad de retención y por  $p$  el punto de marchitez permanente, obtendremos el volumen máximo por la siguiente fórmula:

$$v_m = 10,000 \text{ m}^2 \times e (c - p).$$

Ejemplo:

Cultivo: Alfalfa; espesor útil: 45 cm; C.C. = 40%;

$$\text{PMP.} = 20\%$$

$$v_m = 10,000 \text{ m}^2 \times 0.45 \text{ m} (0.40 - 0.20) = 900 \text{ m}^3$$

Corresponde a este volumen el agua retenida por el suelo y, para calcular la que ha de ser incorporada en el riego, hemos de tener en cuenta la eficiencia de éste, si la designamos por  $f$  y por  $V_m$  el máximo volumen por riego se tendrá:

$$V_m = v_m \div f$$

en el caso considerado en el que  $f = 65\%$  tendremos como máximo volumen teórico de agua por riego:

$$900 \text{ m}^3 \div 0.65 = 1,385 \text{ m}^3$$

Para calcular este volumen en la forma indicada es preciso conocer la capacidad de retención y el punto de marchitez.

Vimos entonces que el punto de marchitez podría estimarse aproxima-

damente como la mitad de la capacidad de retención; por lo cual llegaríamos al mismo resultado sustituyendo en la fórmula anterior (c-p) por c/2, en cuyo caso tendríamos como fórmula práctica de posible cálculo:

$$V_m = \frac{10,000 \text{ m}^2 \cdot X_e \cdot X_c}{2 f}$$

La humedad aprovechable por las plantas es la diferencia entre la Capacidad de Campo y el Porcentaje de Marchitamiento Permanente, es decir, a Capacidad de Campo la humedad aprovechable es de 100% y a Punto de Marchitez será de 0 %.

Por lo tanto, la lámina que podemos aplicar para humedecer un suelo a una profundidad Pr sin desperdiciar agua será:

$$L = ( P_{sc} - P_{pmp} ) \cdot D_a \cdot P_r$$

En donde P<sub>sc</sub>= Porcentaje de humedad a Capacidad de Campo, P<sub>pmp</sub>= Porcentaje de humedad a Punto de Marchitez Permanente, P<sub>r</sub>= Profundidad deseada y D<sub>a</sub>= Densidad Aparente del suelo. (Palacios, 1963).

La densidad Aparente de un suelo indica la cantidad de material sólido en un volumen aparente de suelo, por lo tanto, constituye una variable de composición. En los resultados de Box y Taylor (1961), con suelos de Millville, se nota que un aumento de Densidad Aparente de 1.10 a 1.35 gr/cm<sup>3</sup> dió por resultado un aumento en el potencial de agua de 27 a 23 ju lios/Kg en un suelo franco limoso con un contenido de agua del 23 % y de

-46 a -41 julios/Kg con un contenido de agua de 17.5%. (Gavande, 1972).

Agua del suelo fácilmente asequible.

Esta expresión se refiere generalmente a la disponibilidad de agua del suelo para el crecimiento de las plantas, está considerada como la cantidad de agua retenida en un suelo entre Capacidad de Campo y el Porcentaje Permanente de Marchitamiento. Puesto que la Capacidad de Campo representa el límite superior de disponibilidad del suelo, y el Porcentaje Permanente de Marchitamiento el límite inferior, estos límites tienen un significado considerable para determinar el valor agrícola de los suelos. (Kramer, 1974).

Algunas veces se ha supuesto que toda el agua que entra en el suelo se almacena y, posteriormente, las plantas la usan, este concepto a conducido a la idea de que cuando se cubre la capacidad de almacenamiento no entrará más agua en el suelo. No es raro encontrar que algunos agricultores aplican agua libre en exceso durante la primavera, con la creencia -- errónea de que se almacena para uso futuro de las plantas. De ello resulta un considerable desperdicio de agua, lixiviación de sustancias nutritivas del suelo y formación de áreas anegadas y salinas en regiones irrigadas. (Gavande, 1972).

El agua retenida en el suelo entre Capacidad de Campo y el Punto de -

Marchitez Permanente es agua que, en general, forma la solución de suelo y es principal fuente de agua para el desarrollo de las plantas, la capacidad del suelo para retener agua está relacionada con el área superficial y el volumen del espacio poroso. (Foth, Turk, 1980).

Descripción, utilidad e importancia del concepto de Capacidad de Campo.

La Capacidad de Campo de un suelo se define como la cantidad de agua que retiene un suelo después de que el exceso de agua se ha drenado y el movimiento descendente prácticamente es nulo. La Capacidad de Campo normalmente se presenta a los 2 ó 3 días después de un riego o lluvia en un suelo de textura y estructura uniformes. (Veihmeyer y Hendrickson, 1949).

La Capacidad de Campo de un suelo es el contenido hídrico después de que se haya vuelto muy lento el escurrimiento del agua gravitacional, y —relativamente estable el contenido hídrico. La situación existe generalmente de 1 a 3 días de que el suelo haya sido totalmente mojado por la luvia o el riego. La Capacidad de Campo también ha sido llamado capacidad de conducción de campo, capacidad de humedad normal y capacidad capilar. No es un verdadero valor de equilibrio, sino sólo una condición de un movimiento de agua tan lento que el contenido húmedo no cambie apreciablemente de una medida a otra. (Kramer, 1974).

Lo que retiene el suelo previamente saturado, cuando por tener drenaje libre ha perdido el agua gravitante, se llama capacidad de retención o capacidad de campo, se trata del máximo de humedad que puede retener un suelo contra la gravedad. (Hidalgo, 1971).

La Capacidad de Campo depende ampliamente de la textura y estructura del suelo, de la profundidad a que se encuentra alguna capa de agua subterránea, temporal o permanente y de la temperatura.

La capacidad de un suelo para conservar humedad es de mucha importancia en relación con la producción vegetal. Bajo condiciones climatológicas determinadas, algunos suelos tienden a conservar cantidades de agua relativamente altas en comparación con otros. Esta tendencia depende en gran parte de la estructura, textura, contenido de materia orgánica, naturaleza del subsuelo y profundidad a que pueda encontrarse una capa de agua subterránea, temporal o permanente. Las capacidades de los suelos para conservar el agua son, con frecuencia los factores para determinar la naturaleza de los cultivos que deben crecer en ellos (Bear, 1969).

Descripción, utilidad e importancia del concepto de Densidad Aparente.

Se llama Densidad Aparente de un suelo a la relación que existe entre el peso del suelo seco y el volumen total incluyendo poros. (Palacios, 1963).

La Densidad Aparente del suelo es la relación entre la masa (secada al horno) de las partículas de suelo y el volumen total, incluyendo el espacio poroso que ocupan. (Forsythe, 1974).

La medida de la Densidad Aparente tiene los usos siguientes:

- a).- Transforma los porcentajes de humedad gravimétrica del suelo en términos de humedad volumétrica y consecuentemente calcula la lámina de agua en el suelo.
- b).- Calcula la porosidad total de un suelo cuando se conoce la densidad de las partículas.
- c).- Estima el grado de compactación por medio del cálculo de la porosidad; y
- d).- Estima la masa de la capa arable.

$$\text{Porosidad Total} = E = 1 - \frac{P_a}{P_s}$$

Donde: E = Porosidad Total, se puede expresar como %

Pa= Densidad Aparente del suelo

Ps= Densidad de las partículas del suelo.

(Forsythe, 1974).

Descripción, utilidad e importancia del concepto de Punto de Marchitez - -  
Permanente.

La Marchitez Permanente se define como aquella que persiste aunque la planta se coloque en una atmósfera saturada de humedad, siempre que no se agregue agua al suelo. La Marchitez Permanente se determina por el coeficiente de marchitez del suelo. (Rojás, 1972).

El Porcentaje de Marchitez Permanente, según indican Veihmeyer y Hendrickson (1948) se acepta generalmente como el límite más bajo aprovechable para las plantas cuando estas se desarrollan en un suelo salino. (Salinas, 1977).

Punto de Marchitez Permanente, que es el porcentaje de agua, referido al peso del suelo seco, que contiene este cuando las plantas que allí crecen se marchitan de manera irreversible. (Hidalgo, 1971).

En varios estudios, se han reportado que el crecimiento y calidad de las manzanas, peras, uvas, duraznos, ciruelas y nueces (Hendrickson y Veihmeyer, 1929, 1931, 1934, 1937, 1942) y en algodón (Adams, 1942) no los afectaba el contenido de agua de los suelos, a menos de que bajara al punto de marchitamiento y permaneciera allí varios días.

En Maryland (Magnees, 1935), la rapidez del desarrollo de las manzanas se redujo cuando la parte más seca de la zona de la raíz se aproximó al Porcentaje de Marchitamiento, aún cuando gran parte de la zona de la raíz estaba considerablemente húmeda.

Generalmente se supone que las plantas se marchitaban permanente en una atmósfera casi saturada, cuando la raíz ya no puede extraer cantidades apreciables de agua del suelo.

Existe alguna variación en la cantidad de succión que las plantas pueden ejercer en el agua. La cifra de 15 atmósferas es la que generalmente se acepta como la fuerza límite, que la mayor parte de las plantas puede ejercer para obtener suficiente agua para el desarrollo. Se han registrado fuerzas hasta de 60 atmósferas, aunque estas eran antes de que murieran.

El Marchitamiento con frecuencia ocurre con humedades mucho mayores (y esfuerzos más bajos) que el porcentaje de Marchitamiento Permanente. Cualquier parte de la planta se puede marchitar cuando la intensidad de la transpiración excede a la rapidez con que el agua se puede reemplazar. (Thorne, 1963).

La escala de marchitamiento equivale a la escala del contenido de humedad del suelo, por lo cual las plantas pasan progresivamente hasta llegar al nivel permanente o irreversible de marchitamiento, o sea desde el decaimiento de las hojas viejas hasta el total de marchitamiento de la planta. En el nivel Permanente de Marchitamiento, que es lo máximo en esta escala, cesa el crecimiento. Hay pequeñas cantidades de agua que la planta puede obtener del suelo después de cesar el crecimiento, pero, aparen

temente, esta agua se absorbe muy lentamente y sólo basta para mantener viva la planta hasta que se renueva la dotación del líquido.

#### Descripción de los métodos para determinar Capacidad de Campo.

**Método directo de campo:** seleccionar un sitio apropiado y representativo que no presente diferencias notables con respecto al resto del área -- que representa. Debe conseguirse una completa saturación aplicando un exceso de agua en el núcleo de prueba, que encierra una superficie aproximada un metro cuadrado.

Una vez saturado el núcleo de prueba se observará la disminución del contenido de humedad tomando muestras (Método gravimétrico) en diferentes momentos después de riego hasta que el porcentaje de humedad sea más o menos constante que será cuando el suelo haya llegado a Capacidad de Campo. (Ibarra, 1978).

En el campo se puede determinar la Capacidad de Campo, después de un riego tomando muestras diarias y determinando su porcentaje de humedad respecto al peso del suelo seco hasta que más o menos permanezca -- constante, es decir expresándonos en términos matemáticos cuando  $- - -$   $dPs/dt \rightarrow 0$ , para lo cual se puede uno valer de un sistema coordinado en el cual se llevan como abscisas al tiempo y como ordenadas los valores -- del contenido de humedad obtenidos, cuando la curva tienda a la horizontal

se tendrá el valor del contenido de humedad a Capacidad de Campo. (Palacios, 1963).

Método de las columnas de suelo: con el suelo tamizado se llenan los tubos de vidrio de 30 cm de largo por 2.5 cm de diámetro, para evitar que la muestra salga por un extremo se le coloca un tapón de hule con papel filtro, el tapón lleva un orificio.

Cuando se ha llenado un tubo hasta unos 25 cm se le agrega agua y se le deja reposar para que el agua drene libremente, previamente se colocarán unas probetas bajo los tubos para observar cuando el nivel de agua infiltrada esté constante en éstas, cuando esto sucede se divide la muestra en tres partes iguales y se le determina el contenido de humedad de la parte central cuyo valor será igual a la Capacidad de Campo. (Ibarra, 1978).

Método de la olla de presión: en un plato de cerámica que no tenga perforaciones, se colocan los anillos de hule cuidando que estén bien numerados de tal manera que no den lugar a confusiones y se les agrega suelo evitando llenarlos hasta el borde superior. Una vez concluido lo anterior se coloca el plato en una bandeja de tal manera, que al agregarle agua en exceso por afuera de las muestras no se derrame por los bordes del plato. Esta agua en exceso es para saturar el suelo colocado en los anillos y se dejan en reposo durante aproximadamente 12 horas. Después de haber saturado las muestras durante el tiempo requerido, se quita el exceso de --

agua con una pipeta cuidando de no romper la cerámica. Se pasa a la olla de presión a la que previamente se le habrán colocado los soportes a la altura que convenga.

Se procede a tapar la olla asegurándose que esté bien colocada lo mismo que los tapones de hule de tal manera que no haya fugas de aire.

Se ponen las muestras a una presión de 0.3 atm., 0.3 Kg/cm<sup>2</sup> de la siguiente manera. Se abre la válvula No. 1, la válvula No. 2 que es de rosca izquierda se abre lentamente hasta obtener 2 Kg/cm<sup>2</sup>.

Se abre la válvula B y la válvula A permanece cerrada, la válvula C se abre lentamente hasta tener la presión de 0.3 atm. si se sobrepasa esta presión se purga la olla con el pivote que se encuentra en la parte superior de la tapa. (Ver figura No. 1).

Se coloca la manguerita del plato de cerámica dentro de la bureta que está sostenida por el soporte y se observará que empezará a fluir agua por la manguerita y se habrá obtenido la Capacidad de Campo cuando el nivel de agua se mantiene constante en la bureta.

Para abrir la olla se procede a quitar la presión de la siguiente manera. Se cierra la válvula No.1, se cierra la válvula No. 2 lentamente, y purgar la olla hasta que los manómetros marquen 0.

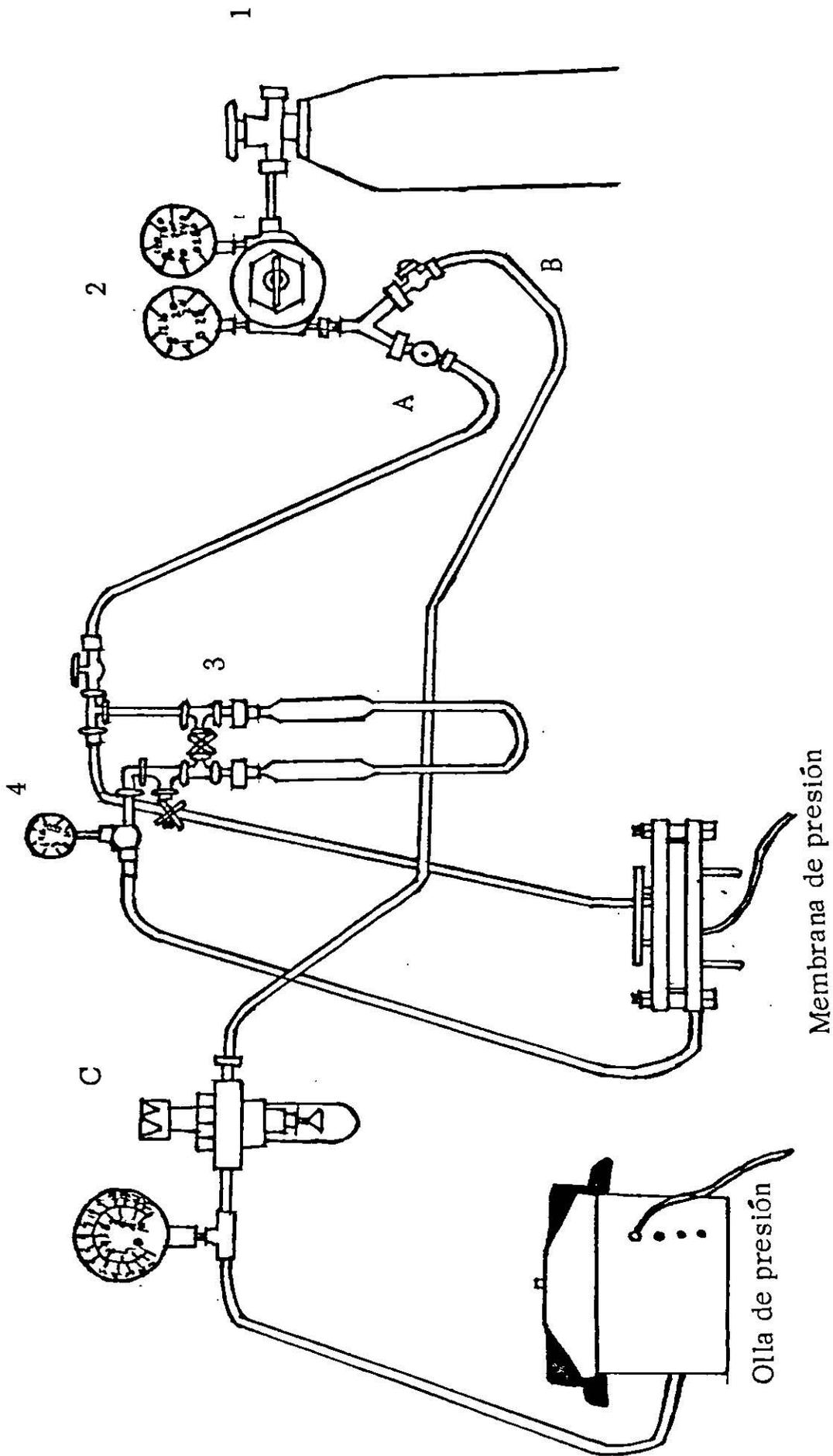


FIGURA 1. Sistema de Presión para determinar Capacidad de Campo y Punto de Marchitez Permanente.

No se intentará abrir la olla si todos los manómetros no están marcando 0, una vez tomadas las precauciones indicadas se sacan las muestras de suelo y se pasan a un frasco previamente tarado y etiquetado, se pesa nuevamente con la muestra húmeda y se colocan en la estufa por espacio de 24 horas a temperatura de  $110^{\circ}\text{C}$  aprox., se sacan y se pesan, con los pesos obtenidos se calcula el contenido de humedad por el método gravimétrico. (Salinas, 1977).

Método del equivalente de humedad: el concepto humedad equivalente fué establecido por Briggs y McLane en 1907 y se define como el contenido de humedad de una muestra de suelo, a la cual después de haberse saturado se somete a los efectos de una fuerza centrífuga equivalente a 1000 veces la fuerza de la gravedad, durante 30 minutos, acelerando cinco minutos y parando de golpe. (Palacios, 1963).

El equivalente de humedad se ha empleado en ocasiones como medio para calcular la Capacidad de Campo del suelo; es el contenido hídrico de una muestra mojada de suelo pulverizado y tamizado, secado en una centrífuga con una aceleración gravitacional de 1000 g. (Kramer, 1974).

Descripción de los métodos para determinar Punto de Marchitez Permanente.

Método del girasol: se pone en un bote una muestra de suelo de aproximadamente 500 gr el suelo ha sido previamente secado y tamizado.

Se siembran 3 ó 4 semillas de girasol, se estarán regando constantemente, cuando las plantas hayan crecido unos cuantos centímetros del suelo (cuando tengan de 2 a 3 pares de hojas aparte de las cotiledonares) se seleccionará la más vigorosa. La planta que quede se hará pasar por el orificio de la tapa. Después se cubren los orificios del fondo del bote con cera de parafina así como la orilla de la tapa, el orificio del centro de la tapa se cubre con algodón para no dañar la planta.

Cuando se presentan síntomas de marchitez, se determina por la flacidez de las hojas inferiores, se colocarán las plantas en un lugar húmedo y obscuro y se observará si dichas plantas han recobrado su turgencia, si se recuperan, se vuelven a colocar al sol y la observación de dichas plantas continúa en la cámara hasta que no presenten signos de recuperación.

Cuando esto ha ocurrido se cortará la parte aérea de la planta al ras del suelo y se procederá a pesar los botes con el contenido de suelo y raíces, y en forma separada la parte aérea de las plantas. Los botes se llevarán a una estufa donde la temperatura se mantendrá entre los 105 y 110°C durante dos días después se vuelven a pesar y se les determina el contenido de humedad por el método gravimétrico. (Ibarra, 1978).

Para determinar el Punto de Marchitez Permanente, plantas como girasoles o trigo se dejan crecer en el suelo hasta que las plantas se marchi-

ten y sean incapaces de ganar turgencia cuando se colocan en una atmósfera saturada .

Se ha encontrado que una tensión de humedad del suelo de 15 atmósferas corresponde generalmente con el Punto de Marchitez Permanente . -- (Foth, Turk, 1980).

Método de la membrana de presión: se destapa la membrana quitándole los tornillos de ensamble y se quita el cilindro exterior, se extrae el plato con tela de alambre y es sumergido junto con la membrana semipermeable en agua destilada por un período de una hora para facilitar su manejo. Pasado este tiempo se coloca el plato en la placa inferior y sobre ésta la membrana semipermeable, evitando que se formen arrugas y revisando que no tenga perforaciones; se pone el cilindro exterior y se sujeta con los dos tornillos que para el efecto tiene por los lados, cuidando que los empaques de hule estén bien colocados .

Se colocan las muestras de suelo en los anillos de hule que deberán estar bien numerados para evitar confusiones, se agrega agua en exceso por fuera de los anillos para saturar las muestras y se dejan en reposo por lo menos cuatro horas, pasado ese tiempo se quita el exceso de agua con una pipeta, teniendo cuidado de no romper la membrana semipermeable, se procede a tapar la membrana colocando los tornillos de ensamble en sus posiciones, ajustándolos con una presión de 15 lb. usando el maneral .

Cuando se halle perfectamente cerrada se procede a ponerle la presión de la siguiente manera. La válvula No. 1 se abre, la válvula No. 5 permanece abierta durante toda la determinación. La válvula No. 3 se abre, la válvula No. 4 permanece cerrada, la válvula A se abre. (Ver figura No. 1).

Una vez que estén estas válvulas como se indica anteriormente se procede a introducir la presión por medio de la válvula No. 2 que es de rosca invertida, esta válvula se debe abrir lentamente hasta obtener presión de 15 atm. en el manómetro de la membrana de presión. Una vez que esté funcionando la membrana se conecta a la manguerita del plato, que sale por abajo de la placa inferior, dentro de la bureta que está sostenida por el soporte. Se observará que empieza a salir agua por la manguerita y cuando deja de subir en la bureta, es que ya se eliminó el exceso de agua de las muestras; esta operación tarda de 5 a 6 horas aproximadamente.

Después se procederá a introducir presión entre las muestras o presión diferencial que se hará como sigue. La válvula No. 4 se abre lentamente hasta que el tubo en forma de V que tiene mercurio (Hg) se siente un burbujeo, y se cierra nuevamente. Si no se recupera la presión que se perdió, se abre la válvula No. 2 un poco hasta tener la presión requerida y se deja así un mínimo de 24 horas.

Después de pasado este tiempo se procede a abrir la membrana, qui-

tando la presión de la siguiente manera. Se abre la válvula No.3, se cierra la válvula No.1. Se abre la válvula No. 4 hasta la pérdida total de presión. Se cierra la válvula No. 2. No se abrirá la membrana hasta que todos los manómetros estén marcando 0.

Se procede a abrir la membrana quitando los tornillos de ensamble, se levanta lentamente la tapa para fijarse que los anillos o las muestras no se hallan quedado adheridas a ésta; se sacan las muestras y se pasan a un frasco previamente tarado y etiquetado, se pone en la estufa por un tiempo de 24 horas aproximadamente a una temperatura de 110°C. Se sacan y se pesan nuevamente, la diferencia entre pesadas es la humedad o contenido de agua de las muestras a Punto de Marchitez Permanente.

Método del equivalente de humedad: Veihmeyer, Wadsworth, Duncan. Para un conocimiento aproximado del valor de P.M.P. basta considerarlo como un 50% del valor de la Capacidad de Campo. (Palacios, 1963).

Descripción de los métodos para determinar Densidad Aparente.

Método de la barrena de volumen conocido: para realizar este método se utiliza dicha barrena que en su interior lleva un cilindro de volumen conocido que al muestrear nos dará este dato directamente. Al muestrear se debe golpear la barrena con el mazo en una forma uniforme y vertical. Una vez obtenidas las muestras se llevan a la estufa y se dejan ahí duran-

te dos días a una temperatura de  $110^{\circ}\text{C}$ , una vez secas se pesan y se les desquita el peso del cilindro ya obtenido el peso neto de la muestra de suelo se divide entre el volumen y así se obtiene la Densidad Aparente .

Método de la bolsa de plástico: se hace un pozo en el suelo de aproximadamente  $20 \times 20 \times 15 \text{ cm.}$ , el suelo extraído se coloca en una bolsa de plástico. Después se coloca polietileno sobre el pozo procurando que el polietileno adopte las irregularidades del pozo, enseguida se agrega agua al pozo hasta llenarlo anotando el volumen requerido para esto .

El suelo de las bolsas se coloca en la estufa a  $110^{\circ}\text{C}$  durante dos días, después se pesa el suelo, este peso se divide entre el volumen de agua requerido para llenar el pozo y así se obtiene la Densidad Aparente .

Método del cubo de volumen conocido: para este método se utiliza un cubo de  $15 \times 15 \times 15 \text{ cm}$  ( $3\ 375 \text{ cm}^3$ ).

Se coloca el cubo sobre una parte plana donde se vaya a obtener la Densidad Aparente, encima de éste se coloca una placa de acero para que los golpes del mazo sean uniformes en todo el cubo. Se introduce el cubo en el suelo a base de golpes uniformes hasta que el borde superior quede al ras del suelo, una vez hecho esto se extrae el suelo del cubo sacando la muestra completa hasta el ras inferior del cubo, la muestra se guarda en una bolsa de plástico.

Las muestras se secan en una estufa a  $110^{\circ}\text{C}$  durante dos días y se pesan, el peso obtenido se divide entre el volumen del cubo y así se obtiene la Densidad Aparente .

Método de la Parafina: se toma un terrón del suelo al que se le quiere determinar su Densidad Aparente, este ha sido previamente secado en la estufa . Se sujeta cuidadosamente con un hilo y se cubre con parafina , se pesa , después se sumerge en una probeta con un volumen de agua conocido , anotando el volumen de agua que desplace . Después se divide y el peso entre el volumen de agua desplazado obteniéndose así la Densidad -- Aparente . .

## MATERIALES Y METODOS

A continuación se describirán los materiales y métodos utilizados para el desarrollo del presente experimento. La forma de presentarlos será la siguiente. Se anotarán por separado cada uno de los métodos con su respectivo material.

### I CAPACIDAD DE CAMPO.

1).- Método de la olla de presión.- El desarrollo de este método se presenta en la literatura revisada, ver págs. 15, 16, 17 y 18.

Material:

Plato de cerámica.

Anillos portamuestras.

Olla de presión.

Bandeja para saturación de muestras.

Pipeta.

Bureta.

Pizeta.

Tanque de aire.

Estufa.

Balanza analítica.

Frascos.

Etiquetas.

2).- Método directo de campo.- El desarrollo de este método se presenta en la literatura revisada, ver págs. 14 y 15.

**Material:**

Barrena de Veihmeyer.

Frascos.

Balanza analítica.

Estufa.

Gradilla para frascos.

Etiquetas.

3).- Método de las columnas de suelo.- El desarrollo de este método se presenta en la literatura revisada, ver pág. 15

**Material:**

Tubos de vidrio de 30 cm de largo por 2.5 cm de diámetro.

Tapones de hule.

Papel filtro.

Probetas graduadas.

Frascos.

Estufa.

Balanza analítica.

Gradilla para tubos.

Etiquetas.

4).- Método del Equivalente de Humedad.- El desarrollo de este método se presenta en la literatura revisada, ver pág. 18.

**M a t e r i a l :**

Máquina Centrífuga.

Tubos Portamuestra.

Gradilla.

Estufa.

Balanza analítica.

Etiquetas.

## II PUNTO DE MARCHITEZ PERMANENTE.

1).- Método de la membrana de presión.- El desarrollo de este método se presenta en la literatura revisada, ver págs. 20, 21, 22 y 23.

**M a t e r i a l :**

Membrana de Presión.

Membrana semipermeable.

Plato de cerámica.

Anillos portamuestras.

Maneral con calibrador.

Frascos.

Estufa.

Balanza analítica.

Etiquetas.

2).- Método del girasol.- El desarrollo de este método se presenta en la literatura revisada, ver págs. 19 y 20.

**M a t e r i a l :**

Botes de lámina con capacidad de 500 gr .

Semillas de girasol .

Cera de parafina .

Algodón .

Cámara húmeda .

Estufa .

Balanza analítica .

Etiquetas .

3).- Método del equivalente de humedad.- El desarrollo de este método se presenta en la literatura revisada, ver pág. 23.

**M a t e r i a l :**

Máquina centrífuga .

Tubos portamuestra .

Gradilla .

Estufa .

Balanza analítica .

Etiquetas .

### III. DENSIDAD APARENTE.

1).- Método de la barrena de volumen conocido.- El desarrollo de este método se presenta en la literatura revisada, ver pág. 23.

**Material:**

Barrena de volumen conocido.

Frascos.

Gradilla para frascos.

Estufa.

Balanza analítica.

Etiquetas.

2).- Método de la bolsa de plástico.- El desarrollo de este método se presenta en la literatura revisada, ver págs. 23 y 24.

**Material:**

Bolsas de plástico.

Plástico.

Agua.

Probeta graduada.

Estufa.

Balanza analítica.

Etiquetas.

3).- Método del cubo de volumen conocido.- El desarrollo de este método se presenta en la literatura revisada, ver pág. 24.

**Material:**

Cubo de acero de volumen conocido.

Placa de acero.

Mazo.

Bolsas de plástico.

Estufa.

Balanza analítica.

Etiquetas.

4).- Método del terrón de parafina.- El desarrollo de este método se -- presenta en la literatura revisada, ver págs. 24 y 25.

**Material:**

Cera de parafina.

Hilo.

Probeta graduada.

Agua.

Estufa.

Balanza analítica.

Para el desarrollo de este experimento se seleccionaron dos sitios que tuvieron características texturales diferentes (arcilloso y franco) esta di-

ferencia se corroboró por el método del hidrómetro de Bouyoucos .

Para determinar la capacidad de campo por el método directo se procedió conforme a lo descrito en la literatura revisada, utilizando para saturar el suelo 160 litros de agua por núcleo. Después de 48 horas se procedió a muestrear diariamente, durante una semana, a la profundidad de -- 0-30 y 30-60 cms y determinando el contenido de humedad del suelo por el método gravimétrico. Los muestreos se realizaron por medio de una barrena de tipo Veihmeyer.

El sistema de presión que se ilustra en la figura 1 sirvió para determinar la capacidad de campo, siguiendo la marcha descrita anteriormente. La determinación del contenido de humedad, al igual que en el caso anterior, se realizó por el método gravimétrico.

En el método de las columnas de suelo se utilizaron muestras de suelo y subsuelo, previamente tamizadas, que se colocaron en tubos de vidrio hasta una altura de 30 cm, haciendolo lentamente para evitar que se formaran huecos, enseguida se saturaron las muestras por medio de una pizeta y se colectó el agua de drenaje en una probeta graduada, cuando el volumen de la misma no varió se procedió a determinar el contenido de humedad de los 10 cm centrales de la columna del suelo.

Para el método del equivalente de humedad se emplearon tubos de en

sayo cónicos de plástico a los cuales se les taladró un orificio en su parte inferior con el fin de que sirviera como vía de drenaje al someterse a la fuerza centrífuga tal cual se describe en la literatura revisada.

En la determinación del punto de marchitez permanente se siguió el procedimiento de la membrana de presión descrito anteriormente.

Los métodos restantes para determinar punto de marchitez permanente, así como, para densidad aparente no sufrieron modificaciones sustanciales con respecto a lo señalado en la literatura revisada.

Para el análisis del presente experimento se utilizó un diseño experimental completamente al azar con arreglo trifactorial donde los factores fueron: profundidad (0-30 y 30-60 cm); Método de Determinación (dependiente de la misma) y textura (arcillosa y franca).

## RESULTADOS Y DISCUSION

A continuación se presentan los resultados obtenidos en el presente -- trabajo de investigación:

La tabla 1 nos presenta las medias de los valores de Capacidad de Campo obtenidos por los diferentes métodos usados; en esta tabla se observa - que los valores de Capacidad de Campo difieren entre métodos, sólo algunos tienen semejanza; los valores de Capacidad de Campo obtenidos por el método de las columnas de suelo en ambas texturas son muy altos con relación a los valores obtenidos por los métodos restantes, se observa una semejanza en los valores obtenidos por el método de la olla de presión y el método directo de campo en la textura franca en ambas profundidades . En la textura arcillosa se observa semejanza en los valores obtenidos por el método de las ollas de presión y los obtenidos por el método del equivalente de humedad en ambas profundidades .

De acuerdo a los resultados del análisis de varianza existe diferencia altamente significativa entre los métodos para determinar el valor de Capacidad de Campo, esto se comprueba de acuerdo a los datos de la tabla 2, los valores de Capacidad de Campo obtenidos por el método de las columnas de suelo difieren considerablemente de aquellas obtenidos por los métodos restantes, sin embargo los valores obtenidos por la membrana de presión y el método directo en la textura franca nos hace suponer que no

hay diferencia al utilizar cualquiera de estos dos métodos.

Para la textura arcillosa se observa que los valores que más concuerdan son los obtenidos por el método de las ollas de presión y el método del equivalente de humedad, estos resultados nos indican la efectividad del método de las ollas de presión puesto que los valores obtenidos por este método en las dos texturas correspondieron cuando menos a un valor obtenido por otro método, de acuerdo al análisis de varianza podemos suponer que se deben utilizar métodos diferentes de acuerdo a la textura ya que el factor textura-método reporta diferencia significativa.

Así mismo, y en base a los resultados de la tabla 2 se puede determinar que no existe influencia de la profundidad sobre la determinación de la Capacidad de Campo, cualquiera que sea el método empleado y la textura del suelo.

Una vez analizado el resultado de la tabla de análisis de varianza las causas posibles de la diferencia entre los métodos para determinar Capacidad de Campo son: por la naturaleza de los materiales ya que en algunos de los métodos se utilizan materiales relativamente complicados como lo es el sistema de presión en el método de las ollas, y la centrífuga en el método del equivalente de humedad.

El análisis de varianza indica que deben usarse diferentes métodos de

acuerdo a la textura, puede ser debido a la facilidad para manejar determinado material en diferentes texturas, esto puede explicar el hecho que en el método directo la barrena penetre con mayor facilidad en suelo franco así como al momento de extraer la muestra es más fácil en el suelo franco que el arcilloso, además el suelo arcilloso retiene mayor humedad

Tabla 1. Concentración de medias de los valores obtenidos por los diferentes métodos para determinar Capacidad de Campo. (Pw). Marín, N.L. 1982.

TEXTURA	METODO			
	OLLAS	COLUMNAS	DIRECTO	EQUIVALENTE
FRANCO				
0-30 cm	11.0275	26.3375	11.9450	17.6725
FRANCO				
30-60 cm	8.1075	25.5675	11.3525	15.6125
ARCILLOSO				
0-30 cm	23.5050	37.3800	18.6100	24.7750
ARCILLOSO				
30-60 cm	21.8650	36.4650	19.6050	26.2275

Tabla 2. Análisis de Varianza para los resultados de Capacidad de Campo. Marín, N.L. 1982.

Fuente de Variación	G.L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F.C.	F. 5%	Teórica 1%
Texturas	1	1632.6649	1632.6649	510.23**	4.05	7.22
Métodos	3	2628.8883	876.2961	273.85**	4.25	2.81
Profundidad	1	10.4085	10.4085	3.25	4.05	7.22
Text.-Método	3	73.5041	24.5013	7.65**	4.25	2.81
Text.-Profund.	1	9.7112	9.7112	3.03	4.05	7.22
Mét.-Profund.	3	13.7583	4.5861	1.43	4.25	2.81
Text.-Mét.-Pro.	3	8.7888	2.9296	0.91	4.25	2.81
Repeticiones	3	3.3689	1.1229	0.35	4.25	2.81
Error Exp.	45	143.9916	3.1998			
Total	63	4525.0850				

$$C.V. = \frac{\sqrt{CME}}{\bar{X} \text{ GRAL.}} = \frac{\sqrt{3.1998147}}{21.003594} = 8.52 \% \quad ** \text{ AS}$$

y al sacar las muestras la pérdida de humedad es más representativa que en un suelo franco, por lo antes expuesto puede ser que los valores obtenidos por el método de las ollas no concuerden en la textura arcillosa y en la textura franca sí.

Los valores altos obtenidos por el método de las columnas de suelo --

pueden deberse al exceso de agua en la saturación de las muestras o puede ser que les faltó tiempo de drenado. También puede ser debido en forma menor al error experimental durante la realización del trabajo y a la mal toma de datos.

La tabla 3 nos presenta las medias de los valores de Punto de Marchitez Permanente obtenidos por los diferentes métodos usados en ella se observa que los valores de Punto de Marchitez Permanente para la textura franca son bajos con relación a la textura arcillosa, los valores de Punto de Marchitez Permanente obtenidos por el método de la membrana de presión y los obtenidos por el método del girasol son semejantes en la textura franca, en cambio los valores que más se asemejan son los obtenidos por el método del equivalente de humedad, se observa que no hay una diferencia significativa de los valores de acuerdo a la profundidad.

De acuerdo a los resultados del análisis de varianza existe una diferencia altamente significativa entre los métodos para determinar el valor del Punto de Marchitez Permanente, en la tabla 3 se observa que en la textura franca los valores de Punto de Marchitez Permanente que concuerdan son los obtenidos por el método de la membrana de presión y el método de girasol, para la textura arcillosa los valores que más concuerdan son los obtenidos por el método de la membrana de presión y el método del equivalente de humedad, estos resultados nos indican que un método es más eficiente en una textura franca que en una textura arcillosa salvo el método

de la membrana de presión cuyos valores fueron bastante contrastantes al menos con uno de los otros en las dos texturas .

En la misma tabla 3 se observa que los valores de Punto de Marchitez Permanente para una textura arcillosa fueron más altos que para una textura franca, esto es propio de las características de la textura con relación a las propiedades de retención de humedad .

En cuanto a la diferencia entre los métodos para determinar Punto de Marchitez Permanente las causas posibles son que los materiales hallan sido mal empleados . La diferencia entre los valores obtenidos por el método de la membrana de presión y los valores obtenidos por el método del equivalente de humedad para la textura franca puede ser debido a que se requería que las muestras estuvieran más tiempo en la centrífuga para que perdieran más humedad .

Para la textura arcillosa los valores obtenidos por el método de la membrana de presión y los del equivalente de humedad difieren de los valores obtenidos por el método del girasol, la causa puede ser que las plantas de girasol soportaron un contenido de humedad menor que el contenido de humedad a Punto de Marchitez Permanente obtenido por los métodos restantes ya que la textura arcillosa retiene un contenido de humedad mayor que la textura franca .

Tabla 3. Concentración de medias de los valores obtenidos por los diferentes métodos para determinar Punto de Marchitez Permanente. (Pw) Marín, N.L. 1982.

METODOS			
TEXTURA	MEMBRANA	GIRASOL	EQUIVALENTE
FRANCO			
0 - 30 cm	6.0450	4.5700	9.0250
FRANCO			
30 - 60 cm	4.7400	5.2125	8.4875
ARCILLOSO			
0 - 30 cm	14.1900	10.0125	13.4650
ARCILLOSO			
30 - 60 cm	14.6100	11.7450	14.2525

Tabla 4. Análisis de Varianza para los resultados de Punto de Marchitez Permanente. Marín, N.L. 1982.

Fuente de Variación	G.L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F.C.	F 5%	Teórica 1%
Texturas	1	523.3141	523.3141	694.64**	4.14	7.47
Métodos	2	102.3404	51.1702	67.92**	3.29	5.31
Profundidad	1	0.4543	0.4543	0.60	4.14	7.47
Text-Método	2	37.4956	18.7478	24.88**	3.29	5.31
Text-Profund.	1	7.4340	7.4340	9.86**	4.14	7.47
Mét-Profund.	2	6.0679	3.0339	4.02	3.29	5.31
Text-Mét-Pro.	2	0.3663	0.1831	0.24	3.29	5.31
Repeticiones	3	1.1611	0.3870	0.51	2.89	4.44
Error Exp.	33	24.8606	0.7533			
Total	47	703.4946	C.V. =	8.91%		** AS

La tabla 5 nos muestra las medias de los valores de Densidad Aparente obtenidos por los diferentes métodos utilizados, en esta tabla se pueden observar que no existe una diferencia significativa de los valores de Densidad Aparente entre los diferentes métodos utilizados tanto en la textura franca como en la arcillosa, además se observa que no hay una diferencia significativa de los valores de acuerdo a la profundidad:

De acuerdo a los resultados del análisis de varianza no existe una diferencia altamente significativa entre los métodos para determinar el valor de la Densidad Aparente, apoyados en los resultados de la tabla 6 podemos decir que se pueden utilizar cualquiera de los cuatro métodos empleados en el experimento para determinar el valor de la Densidad Aparente sin que exista una diferencia significativa, el análisis de varianza nos indica que no hay influencia de la profundidad en la determinación del valor de la Densidad Aparente de un suelo. Aún y cuando no existen diferencias significativas entre los métodos para determinar la Densidad Aparente de un suelo, se puede señalar que en forma práctica algunos métodos requieren de materiales y labores más complicados que otros.

Los valores de contenido de humedad, para Capacidad de Campo y Punto de Marchitez Permanente, así como, los de Densidad Aparente, obtenidos en cada una de las repeticiones en el presente estudio se pueden ver en las tablas de la 1 a la 22 del apéndice.

Tabla 5. Concentración de medias de los valores obtenidos por los diferentes métodos para determinar Densidad Aparente ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ ). Marín, N.L. 1982.

METODOS				
TEXTURA	BARRENA	CUBO	BOLSA	PARAFINA
FRANCO				
0 - 30 cm	1.6125	1.4875	1.6325	1.6500
FRANCO				
30 - 60 cm	1.5825	1.6250	1.3975	1.6975
ARCILLOSO				
0 - 30 cm	1.2550	1.3275	1.3450	1.4000
ARCILLOSO				
30 - 60 cm	1.2500	1.3275	1.5075	1.3500

Tabla 6. Análisis de Varianza para los resultados de Densidad Aparente. Marín, N.L. 1982.

Fuente de Variación	G.L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F.C.	F 5%	Teórica 1%
Texturas	1	0.92400	0.92400	59.78**	4.05	7.22
Métodos	3	0.09105	0.03035	1.96	4.25	2.81
Profundidad	1	0.00019	0.00019	0.01	4.05	7.22
Text.-Método	3	0.14991	0.04971	3.23	4.25	2.81
Text.-Profund.	1	0.00878	0.00878	0.56	4.05	7.22
Mét.-Profund.	3	0.25198	0.00839	0.54	4.25	2.81
Text-Mét-Pro.	3	0.17826	0.05942	3.84	4.25	2.81
Repeticiones	3	0.07047	0.02349	1.51	4.25	2.81
Error Exp.	45	0.69550	0.01545			
Total	63	2.14339				
				C.V. = 8.48 %	**A S	

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En base al análisis de los resultados se puede llegar a las siguientes conclusiones y recomendaciones .

Se deben usar métodos diferentes para determinar Capacidad de Campo y Punto de Marchitez Permanente de acuerdo a la textura del suelo .

Para determinar Capacidad de Campo en una textura franca se debe utilizar el método directo de campo cuando no se cuente con el sistema de presión que se requiere en el método de las ollas . Para una textura arcillosa se recomienda que se utilicen los métodos de ollas de presión o el método del equivalente de humedad .

Para determinar Punto de Marchitez Permanente se recomienda utilizar el método de la membrana de presión o bien el método del girasol para una textura franca . Para una textura arcillosa se recomienda utilizar el método de la membrana de presión o el método del equivalente de humedad .

Siempre que se cuente con el sistema de presión que se requiere en el método de las ollas de presión para determinar Capacidad de Campo y en el método de la membrana de presión para determinar Punto de Marchitez Permanente es recomendable utilizar estos métodos .

Para determinar Densidad Aparente se puede utilizar cualquiera de los métodos empleados en este trabajo sin considerar la **textura** de suelo, ya que no hubo influencia de este factor en la obtención de este parámetro.

Para determinar Densidad Aparente se recomienda utilizar el método de la barrena de volumen conocido sin tomar en cuenta la **textura** que se trate o bien el método del cubo de volumen conocido, si no se cuenta con este material o resultan complejos los métodos se recomienda utilizar los métodos mas sencillos como lo son el método de la **bolsa** de plástico o bien el método de la parafina, ya que no se encontraron **diferencias** estadísticamente significativas entre los métodos utilizados.

## RESUMEN

El presente trabajo se llevó a cabo en la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L. situada en el Km. 17 de la carretera Zuazua-Marín, Municipio de Marín, N.L.

El objetivo principal de este trabajo fué observar si hay diferencias estadísticas significativas entre los métodos para determinar las constantes hídricas del suelo y la Densidad Aparente del mismo, así como la influencia de la profundidad y de la textura .

Para el análisis se utilizó un diseño completamente al azar con un arreglo trifactorial donde los factores fueron: Textura, Método de Determinación y Profundidad.

Los niveles de cada factor fueron, para textura: arcillosa y franca para profundidad: 0-30 cm y 30-60 cm. Los métodos utilizados para determinar Capacidad de Campo fueron: método de la olla de presión, método directo de campo, método de las columnas de suelo, y método equivalente de humedad.

Para determinar Punto de Marchitez Permanente, los métodos utilizados fueron: método de la membrana de presión, método del girasol y método del equivalente de humedad y los métodos para determinar Densidad

Aparente fueron: método de la barrena de volumen conocido, método de la bolsa de plástico y método de la parafina.

La textura del suelo se determinó por el método del Hidrómetro de Bouyoucos en el laboratorio de suelos de la misma Facultad.

Entre los resultados sobresalientes tenemos: que sí existe diferencia significativa entre los métodos para determinar las constantes hídricas del suelo; Capacidad de Campo y Punto de Marchitez Permanente. Mientras que no existen diferencias significativas entre los métodos para determinar Densidad Aparente del suelo.

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- BEAR, F.E. 1969. Los suelos en relación con el crecimiento de los cultivos. Ed. Omega. Barcelona, España. p. 98-100.
- 2.- FOTH, H.D. 1975. Fundamentos de la ciencia del suelo. Ed. Continental. México. p. 101, 105, 759.
- 3.- GAVANDE, S.A. 1972. Física de Suelos, Principios y Aplicaciones. Ed. Limusa, México. p. 167, 168, 175.
- 4.- FORSYTHE, W. 1975. Física de Suelos, Manual de Laboratorio. San José, Costa Rica. IICA, p. 39-40.
- 5.- HIDALGO, G.A. 1971. Métodos Modernos de Riego de Superficie. Ed. Aguilar, Madrid, España. p. 114-118.
- 6.- IBARRA RUIZ, B.S. 1978. Manual de Prácticas del Curso de Uso y Manejo del Agua. Fac. de Agronomía U.A.N.L.
- 7.- ISRAELSEN, O.W. y HANSEN, V.E. 1973. Principios y Aplicaciones del Riego. Ed. Reverté S.A. México. p. 225, 256, 257.
- 8.- KRAMER, P.J. 1974. Relaciones hídricas de suelo y plantas. Edutex. México. p. 55-69.
- 9.- PALACIOS VELEZ, E. 1963. Cuánto, Cuándo y Cómo Regar. Memorándum Técnico No. 195 SRH. México.

- 10.- ROJAS GARCIDUEÑAS, M. 1972. Fisiología Vegetal Aplicada. McGraw-Hill. México. p. 37-39.
- 11.- SALINAS, SERNA, A. 1977. Determinación de la Capacidad de Campo y Punto de Marchitez Permanente de un Suelo por el Método de la Olla y Membrana de Presión (laboratorio). Tesis Profesional sin publicar. Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León, México.
- 12.- THORNE, D.W. 1977. Técnica del Riego, Fertilidad y Explotación de los Suelos. CECSA. México.

**A P E N D I C E**

Tabla 1. Valores de Capacidad de Campo (Pw) para un suelo de textura arcillosa determinados por el método de la olla de presión. Marín, N.L. 1982.

PROFUNDIDAD (cms)	REPETICIONES				$\bar{X}$
	I	II	III	IV	
0 - 30	23.87	24.47	23.05	22.63	25.505
30 - 60	23.38	20.38	25.55	21.15	21.865

Tabla 2. Valores de Capacidad de Campo (Pw) para un suelo de textura franca determinados por el método de la olla de presión. Marín, N.L. 1982.

PROFUNDIDAD (cms)	REPETICIONES				$\bar{X}$
	I	II	III	IV	
0 - 30	10.37	10.93	11.79	11.02	11.0275
30 - 60	7.09	8.20	8.68	8.46	8.1075

Tabla 3. Valores de Capacidad de Campo (Pw) para un suelo de textura arcillosa determinados por el método de columnas de suelo. Marín, N.L. 1982.

PROFUNDIDAD (cms)	REPETICIONES				$\bar{X}$
	I	II	III	IV	
0 - 30	34.44	37.45	38.30	39.33	37.380
30 - 60	36.83	35.20	36.50	37.33	36.465

Tabla 4. Valores de Capacidad de Campo (Pw) para un suelo de textura franca determinados por el método de las columnas de suelo. Marín, N.L. 1982.

PROFUNDIDAD (cms)	REPETICIONES				$\bar{X}$
	I	II	III	IV	
0 - 30	25.56	26.12	27.28	26.39	26.3375
30 - 60	26.19	25.71	25.14	25.23	25.5675

Tabla 5. Valores de Capacidad de Campo (Pw) para un suelo de textura arcillosa determinados por el método directo de campo.

Marín, N.L. 1982.

PROFUNDIDAD (cms)	REPETICIONES				$\bar{X}$
	I	II	III	IV	
0 - 30	18.44	18.35	18.62	19.03	18.61
30 - 60	19.33	19.93	19.77	19.39	19.605

Tabla 6. Valores de Capacidad de Campo (Pw) para un suelo de textura franca determinados por el método directo de campo.

Marín, N.L. 1982.

PROFUNDIDAD (cms)	REPETICIONES				$\bar{X}$
	I	II	III	IV	
0 - 30	14.45	11.99	11.11	10.23	11.945
30 - 60	8.74	10.02	14.13	12.52	11.3525

Tabla 7. Valores de Capacidad de Campo (Pw) para un suelo de textura arcillosa determinados por el método del equivalente de humedad. Marín, N.L. 1982.

PROFUNDIDAD (cms)	REPETICIONES				$\bar{X}$
	I	II	III	IV	
0 - 30	24.63	24.76	24.82	24.90	24.7750
30 - 60	26.25	26.30	25.93	26.43	26.2275

Tabla 8. Valores de Capacidad de Campo (Pw) para un suelo de textura franca determinados por el método del equivalente de humedad. Marín, N.L. 1982.

PROFUNDIDAD (cms)	REPETICIONES				$\bar{X}$
	I	II	III	IV	
0 - 30	16.95	17.23	18.69	17.82	17.6725
30 - 60	14.73	17.68	15.40	14.64	15.6125

Tabla 9. Valores de Punto de Marchitez Permanente (Pw) para un suelo de textura arcillosa determinados por el método de la membrana de presión. Marín, N.L. 1982.

PROFUNDIDAD (cms)	REPETICIONES				$\bar{X}$
	I	II	III	IV	
0 - 30	14.02	13.31	12.88	16.55	14.19
30 - 60	15.94	15.95	13.73	12.82	14.61

Tabla 10. Valores de Punto de Marchitez Permanente (Pw) para un suelo de textura franca determinados por el método de la membrana de presión. Marín, N.L. 1982.

PROFUNDIDAD (cms)	REPETICIONES				$\bar{X}$
	I	II	III	IV	
0 - 30	5.34	5.70	6.50	6.64	6.045
30 - 60	4.59	4.67	4.46	5.24	4.740

Tabla 11. Valores de Punto de Marchitez Permanente (Pw) para un suelo de textura arcillosa determinados por el método del girasol. Marín, N.L. 1982.

PROFUNDIDAD (cms)	REPETICIONES				$\bar{X}$
	I	II	III	IV	
0 - 30	9.64	10.47	9.88	10.06	10.0125
30 - 60	11.18	13.69	11.44	10.67	11.7450

Tabla 12. Valores de Punto de Marchitez Permanente (Pw) para un suelo de textura franca determinados por el método del girasol. Marín, N.L. - 1982.

PROFUNDIDAD (cms)	REPETICIONES				$\bar{X}$
	I	II	III	IV	
0 - 30	5.20	4.30	4.70	4.08	4.5700
30 - 60	5.07	5.23	5.49	5.06	5.2125

Tabla 13. Valores de Punto de Marchitez Permanente (Pw) para un suelo de textura arcillosa determinados por el método del equivalente de humedad. Marín, N.L. 1982.

PROFUNDIDAD ( cms )	REPETICIONES				$\bar{X}$
	I	II	III	IV	
0 - 30	13.38	13.46	13.49	13.53	13.4650
30 - 60	14.27	14.29	14.09	14.36	14.2525

Tabla 14. Valores de Punto de Marchitez Permanente (Pw) para un suelo de textura franca determinados por el método del equivalente de humedad. Marín, N.L. 1982

PROFUNDIDAD (cms)	REPETICIONES				$\bar{X}$
	I	II	III	IV	
0 - 30	9.21	9.36	10.16	9.68	9.0250
30 - 60	8.01	9.61	8.37	7.69	8.4875

Tabla 15. Valores de Densidad Aparente para un suelo de textura arcillosa determinados por el método de la barrena de volumen conocido ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ ). Marín, N.L. 1982.

PROFUNDIDAD (cms)	REPETICIONES				$\bar{X}$
	I	II	III	IV	
0 - 30	1.31	1.23	1.23	1.25	1.2550
30 - 60	1.21	1.35	1.17	1.27	1.2500

Tabla 16: Valores de Densidad Aparente para un suelo de textura franca determinados por el método de la barrena de volumen conocido ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ ). Marín, N.L. 1982.

PROFUNDIDAD (cms)	REPETICIONES				$\bar{X}$
	I	II	III	IV	
0 - 30	1.59	1.56	1.63	1.63	1.6125
30 - 60	1.62	1.51	1.49	1.71	1.5825

Tabla 17. Valores de Densidad Aparente para un suelo de textura arcillosa determinados por el método del cubo de volumen conocido. (gr/cm<sup>3</sup>). Marín, N.L. 1982.

PROFUNDIDAD (cms)	REPETICIONES				$\bar{X}$
	I	II	III	IV	
0 - 30	1.25	1.48	1.22	1.35	1.3275
30 - 60	1.28	1.32	1.28	1.43	1.3275

Tabla 18. Valores de Densidad Aparente para un suelo de textura franca determinados por el método del cubo de volumen conocido (gr/cm<sup>3</sup>). Marín, N.L.

PROFUNDIDAD (cms)	REPETICIONES				$\bar{X}$
	I	II	III	IV	
0 - 30	1.48	1.40	1.58	1.49	1.4875
30 - 60	1.74	1.56	1.62	1.58	1.6250

Tabla 19. Valores de Densidad Aparente para un suelo de textura arcillosa determinados por el método de la bolsa de plástico - - (gr/cm<sup>3</sup>). Marín, N.L. 1982.

PROFUNDIDAD (cms)	REPETICIONES				$\bar{X}$
	I	II	III	IV	
0 - 30	1.18	1.35	1.31	1.54	1.3450
30 - 60	1.39	1.33	1.36	1.45	1.3825

Tabla 20. Valores de Densidad Aparente para un suelo de textura franca determinados por el método de la bolsa de plástico - - (gr/cm<sup>3</sup>). Marín, N.L. 1982.

PROFUNDIDAD (cms)	REPETICIONES				$\bar{X}$
	I	II	III	IV	
0 - 30	1.59	1.46	1.86	1.62	1.6325
30 - 60	1.52	1.35	1.19	1.53	1.3975

Tabla 21. Valores de Densidad Aparente para un suelo de textura arcillosa determinados por el método de la parafina ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ ).

Marín, N.L. 1982.

PROFUNDIDAD (cms)	REPETICIONES				$\bar{X}$
	I	II	III	IV	
0 - 30	1.33	1.47	1.42	1.38	1.40
30 - 60	1.36	1.33	1.36	1.35	1.35

Tabla 22. Valores de Densidad Aparente para un suelo de textura franca determinados por el método de la parafina ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ ).

Marín, N.L. 1982.

PROFUNDIDAD (cms)	REPETICIONES				$\bar{X}$
	I	II	III	IV	
0 - 30	1.66	1.33	1.75	1.86	1.6500
30 - 60	1.59	1.83	1.61	1.76	1.6975

