

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA**  
**"ANTONIO NARRO"**  
**DIVISION DE INGENIERIA**



**Prácticas Básicas en el Uso y Manejo del Agua**

**Por:**

**ROGELIO CABRERA GONZALEZ**

**M O N O G R A F I A**

**Presentada como Requisito Parcial para**

**Obtener el Título de:**

**Ingeniero Agrónomo en Irrigación**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.**

**Marzo de 1999**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA**

**"ANTONIO NARRO"**

**DIVISION DE INGENIERIA**

**DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE**

**PRACTICAS BASICAS EN EL USO Y MANEJO DEL AGUA**

**POR:**

**ROGELIO CABRERA GONZALEZ**

**Que somete a la consideración del H. jurado examinador como requisito parcial para  
obtener él título de:**

**INGENIERO AGRONOMO EN IRRIGACION**

**APROBADA**

**ING. CARLOS ROJAS PEÑA**  
**Presidente**

**DR. RAUL RODRIGUEZ GARCIA**  
**SINODAL**

**ING. ROLANDO SANDINO SALAZAR**  
**SINODAL**

**ING. LINDOLFO ROJAS PEÑA**  
**SINODAL**

**EL COORDINADOR DE LA DIVISION DE INGENIERIA**

**ING. JESUS R. VALENZUELA GARCIA**

**BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MEXICO. MARZO DE 1999.**

**COMO UNA MUESTRA DE MI  
CARIÑO, QUIERO EXPRESAR UN  
PROFUNDO AGRADECIMIENTO  
A QUIENES CON SU AMOR,  
APOYO Y COMPRESION  
ME ALENTARON A LOGRAR  
UNA DE LAS METAS DE MI  
VIDA. SIENDO PARA MI LA  
MEJOR DE LAS HERENCIAS.**

**"... De todas las ocupaciones de las que se deriva el beneficio, no hay ninguna tan amable, tan saludable y tan merecedora de la dignidad del hombre libre como la agricultura..."**

**Cicerón.**

## **DEDICATORIA**

### **A DIOS NUESTRO SEÑOR:**

**El haberme dado la oportunidad de vivir, el poder seguir adelante y así mismo el de poder lograr una de mis mejores metas como ser humano.**

### **A MIS PADRES:**

**SR. ROCERIO CABRERA ZARATE**

**SRA. BERTHA ARACELY DE LA CRUZ GONZALEZ DE CABRERA**

**A ellos con mucho cariño, admiración y respeto, por los principios morales, honradez, trabajo y dignidad que siempre me inculcaron para seguir adelante y hacer de mí un hombre de bien.**

**Gracias por darme la vida, el compartir mis sueños, alegrías, tristezas y haberme guiado por el buen camino, así teniendo de ellos su amor, apoyo y su comprensión. A ellos eternamente agradecido.**

**La elaboración de este trabajo, se lo dedico con mucho amor a mis PADRES.**

### **A MIS ABUELITOS:**

**SR. TOMAS CABRERA RIOS, SRA. ATANACIA ZARATE CRUZ Y SRA. DORA ISOLINA GOMEZ CH.**

**Por todo el amor, cariño y confianza que siempre me han demostrado.**

**A MIS HERMANOS:**

**GILDA ISELA CABALLERO GONZALEZ,  
JESUS ARMANDO CABALLERO GONZALEZ,  
FLOR ESTELA CABRERA GONZALEZ y  
ELSY YESENIA CABRERA GONZALEZ.**

**Por todo el amor, cariño, apoyo moral y económico, más que nada por la confianza que siempre me han brindado durante toda mi carrera profesional.**

**A MIS TIOS:**

**A todos ellos por todo el cariño que siempre me han brindado y por alentarme a salir adelante y así poder ser alguien para bien.**

**A MIS PRIMOS:**

**A todos ellos gracias por demostrarme su cariño y comprensión.**

**A MIS SOBRINOS:**

**YENIZA CAROLINA,  
ERICA GUADALUPE,  
CINTHIA YAMILETH,  
IRVIN y  
JENIFER.**

**A ellos con todo mi cariño.**

**A MIS AMIGOS:**

**Ing. Rodrigo Córdoba, Jorge, Ing. José Arturo, Ing. Luisa, Ing. Ismael, Eloy, Juan Carlos, José, Norma, Ubín, Edimir, Víctor, Raúl, Chabanel, Carlota, Guadalupe, Mary, Ana, Ma. Luisa, Valeria, Germán, Abelino, Conchí, Sra. Sandra, Margarita, Doña Carmen, Sra. Lucy, Sra. Laura Sánchez, Ing. Alma Rosa Peña, Dr. Eugenio Guerrero Rdz., Ing. María Guadalupe, Ing. Manuel González, Ing. Elyn Bacopulos Téllez, Ing. Luis Edmundo, Ing. Luis Samaniego, T. S. Lucy, Laboratoristas Coco y Silvia, Fam. Alvarez Rodríguez, Fam. Pérez Luna, Ing. Gerardo Quero y Fam.**

**A TODAS AQUELLAS PERSONAS QUE CONFIARON Y ME APOYARON PARA PODER PREPARARME Y LOGRAR SER UN PROFESIONISTA.**

**A MI ALMA TERRA MATER:**

Por haberme dado la oportunidad a poder realizar mi sueño anhelado y durante toda mi carrera profesional, él haberme cobijado en su seno.

**A MIS COMPAÑEROS DE LA GENERACIÓN LXXXV.**

## **AGRADECIMIENTOS**

**ING. CARLOS ROJAS PEÑA**

**Por su amistad que siempre me brindo durante mi estancia en la Institución, por el apoyo para realizar este trabajo y el haber confiado en mí para la realización de este Manual, la asesoría que me proporcionó en cada momento y a la culminación del mismo.**

**Dr. RAUL RODRIGUEZ GARCIA**

**Por su valiosa participación, recomendaciones y en la revisión de este Manual de Prácticas.**

**ING. ROLANDO SANDINO SALAZAR**

**Por brindarme su amistad y apoyo incondicional durante todo este tiempo de mi estancia en la universidad.**

**ING. LINDOLFO ROJAS PEÑA**

**Por todo su apoyo en la realización de este trabajo y por la amistad que siempre me brindo.**

**ING. FRANCISCO MARTINEZ AVALOS**

**Por el apoyo moral, el haberme brindado su amistad incondicional y más que nada por haber depositado en mí una confianza de amigo. GRACIAS.**

**A MIS PADRINOS DE GRADUACIÓN**

**SR. JESUS VALDEZ FLORES Y SRA.**

**Por todo el apoyo, cariño y confianza que siempre me brindaron durante todo este tiempo que pude realizarme como profesionista. Y más que mis padrinos son unos ABUELITOS.**

**EFRAIN PEREZ LUNA**

**Por haberme brindado su amistad incondicional y cual ha existido una gran fraternidad entre nosotros y con el paso del tiempo se ha consolidado y más que un amigo es un hermano, por hacerme sentir parte de su familia y en la cual ellos me consideran parte de ella., GRACIAS HERMANO.**

**NECTALI LOPEZ RAYMUNDO**

**A un gran Amigo, gracias por todo el apoyo moral que siempre me brindaste y por todos los momentos convividos . GRACIAS HERMANITO.**

**DRA. LUCIA ESPINOZA**

**Por todo el cariño, amor y apoyo incondicional, que siempre me brindó, y el verme como a uno de sus hijos, Dra. G R A C I A S.**

**AL DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE. Así mismo al personal Docente, Administrativo y de apoyo.**

## INDICE GENERAL

INDICE GENERAL.....	i
INDICE DE CUADROS.....	iii
INDICE DE GRAFICAS.....	v
INDICE DE FIGURAS.....	vi
I INTRODUCCIÓN.....	1
1 PARAMETROS DE HUMEDAD DEL SUELO.....	5
1.1. CAPACIDAD DE CAMPO.....	5
PRÁCTICA No. 1 Método de Campo.....	7
PRÁCTICA No. 2 Método de las Ollas de Presión.....	13
1.2 PUNTO DE MARCHITEZ PERMANENTE.....	19
1.2.1 Plantas Indicadoras.....	20
1.2.2 Membranas de Presión o Succión a 15 Atmósfera...	21
PRÁCTICA No. 3 Plantas Indicadoras.....	22
PRÁCTICA No. 4 Método de las Membranas de Presión o succión a 15 atmósfera.....	26
1.3 DENSIDAD.....	29
1.3.1 La Densidad Real.....	29
1.3.2 La Densidad Aparente.....	30
PRÁCTICA No. 5 Método de la Parafina.....	31
PRÁCTICA No. 6 Método de la Barrena o Cilindros de Volumen Conocido.....	35
PRACTICA No. 7 Método de Cubicación.....	38

2	MEDICIÓN DE LA HUMEDAD DEL SUELO.....	42
2.1	MÉTODO DIRECTO.....	42
	PRACTICA No. 8 Método Gravimetrico.....	44
2.2	MÉTODO INDIRECTO.....	46
	PRÁCTICA No. 9 Método del Tensiómetro.....	48
	PRÁCTICA NO. 10 Método de Dispersores de Neutrones	56
	PRÁCTICA NO.11 Método de Bloques de Yeso.....	66
3	MOVIMIENTO DEL AGUA EN EL SUELO.....	77
3.1	VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN.....	77
	PRÁCTICA NO.12 Método de los Cilindros Infiltrómetros..	78
	PRACTICA No. 13 Método de Entradas y Salidas.....	84
3.2	DETERINACIÓN DE LA PERMEABILIDAD.....	87
	PRÁCTICA NO. 14 Método del Permeámetro o	
	Conductividad Hidráulica.....	87
II	APENDICE.....	94
III	BIBLIOGRAFÍA.....	99

## INDICE DE CUADROS

Cuadro No.		Página
1	Datos para determinar la Capacidad de Campo, por el Método de Campo.....	10
2	Datos obtenidos para determinar la Capacidad de Campo, por medio del Método de las Ollas de Presión.....	17
3	Datos obtenidos para determinar el Punto de Marchitez Permanente, por medio del Método de las Membranas de Presión....	27
4	Densidad Aparente de los suelos.....	30
5	Método practico para determinar el contenido de humedad (Servicio de Conservación de Suelo de Estados Unidos).....	43
6	Datos obtenidos en el Campo para la medición de humedad del suelo por medio del método del Tensiómetro.....	54
7	Datos del Dispensor de Neutrones, para el 04 de Febrero de 1999. Cultivo de Guayule, tratamiento P-1 y con una calibración estándar de 769.....	61
8	Datos del Dispensor de Neutrones, para el 15 de Febrero de 1999. Cultivo de Guayule, tratamiento P-5-1 y con una calibración estándar de 782.....	62
9	Datos del Dispensor de Neutrones, para el 04 de Febrero de 1999. Cultivo de Guayule, tratamiento P-5-2 y con una calibración estándar de 782.....	63
10	Profundidad de enterrado de los Bloques de Yeso, para diferentes	

	Cultivos.....	69
11	Lecturas del Medidor a diferentes Texturas.....	72
12	Datos obtenidos por medio de Medidor de Resistencia Eléctrica.....	74
13	Datos de Campo para la obtención de las Ecuaciones de Infiltración del Suelo.....	81
14	Clases propuestas para indicar la Conductividad Hidráulica.....	89

## INDICE DE GRAFICAS

Gráfica		Página
No.		
1	Contenido de humedad a una Profundidad de 0 – 30 cm.....	11
2	Contenido de humedad a una Profundidad de 30 – 60 cm.....	11
3	Curva característica de humedad que relaciona la tensión y la humedad del suelo.....	54
4	Regresión lineal para el Tratamiento P-1.....	61
5	Regresión lineal para el Tratamiento P-5-1.....	62
6	Regresión lineal para el Tratamiento P-5-2.....	63
7	Curva de Abatimiento.....	74
8	Curva de Velocidad de Infiltración.....	82

## INDICE DE FIGURAS

Figura No.		Página
1	Preparación del terreno para determinar la Capacidad de Campo, por medio del Método de Campo.....	12
2	Ollas de Presión para determinar Capacidad de Campo, en el Laboratorio de Relación Agua-Suelo-Planta y atmósfera, del Depto. De Riego y Drenaje.....	18
3	Determinación del Punto de Marchitez Permanente, por medio de las Plantas Indicadoras.....	25
4	Membranas de Presión, para determinar el Punto de Marchitez Permanente.....	28
5	Determinación de la Densidad Aparente, por medio del Método de la Parafina.....	34
6	Determinación de la Densidad Aparente, por medio del Método de Barrenas o Cilindro de Volumen Conocido.....	37
7	Medición de la humedad del suelo, por medio del Tensiometro.....	55
8	Dispensor de Neutrones, para la Medición de la humedad del suelo..	64
9	Medidor de Resistencia Eléctrica, para la Medición de la humedad del Suelo (BN-2B.....	75
10	Método de los Cilindros Infiltrómetros, para calcular la velocidad	

	de Infiltración.....	82
11	Método del Permeámetro, para la Determinación de la Permeabilidad del suelo.....	92

## I INTRODUCCION

El agua, como parte central de la producción agrícola debe ser racionalizada adecuadamente para lograr un uso más eficiente de este recurso, El agua esta distribuida en mayor o menor medida por todo el globo terrestre, así tenemos que el mayor porcentaje de agua, esta se encuentra en los océanos, el resto lo podemos situar hasta 5 Km., bajo la superficie del suelo o en la atmósfera hasta 11 Km., sobre la superficie en forma de vapor de agua.

De acuerdo a las estadísticas el agua ocupa las 3/4 partes de la superficie terrestre y constituyen el 50 al 70 % de los organismos vivos, de ahí su enorme importancia tanto geológica como biológica.

Finalmente el agua, esta considerada como una sustancia líquida, incolora, inodora, insípida y transparente, compuesto por 2 átomos de hidrógeno y 1 de oxígeno (H<sub>2</sub>O). Esta sustancia se solidifica a 0 °C y hierve a 100 °C.

Propiedades químicas del agua. Químicamente, su molécula tiene un marcado carácter polar, esto explica que a diferencia de lo que ocurre en la mayoría de las sustancias, el agua en estado sólido (hielo) es menos densa que en estado líquido y que su

constante dieléctrica sea muy elevada, estas características químicas son esenciales para permitir la existencia de la vida en la tierra.

Propiedades físicas del agua, Dentro de las Propiedades Físicas del agua, finalmente se encuentra en las fases sólidas, líquidas y gaseosas, como se explica más adelante. Clases de agua en el suelo; el agua o humedad del suelo se clasifica en cuatro grupos principales las cuales se mencionan a continuación.

- Agua Gravitacional, esta forma de agua es llamada también agua de saturación, y se encuentra ocupando en todos los espacios porosos del suelo, así mismo se presenta después de efectuar un riego pesado o por la presencia de una lluvia intensa. se caracteriza por permanecer durante un tiempo relativamente corto, el movimiento de ella es en sentido descendente por la acción de la gravedad, la falta de aireación ocasionada por exceso de agua, afecta el desarrollo de los cultivos y por lo tanto a la producción
- Agua Capilar, este tipo de agua es la más importante desde el punto de vista agrícola y se considera como la máxima cantidad de agua que un suelo puede retener en contra de la fuerza de la gravedad, esta se presenta después de que se ha drenado el exceso de agua en el suelo por efecto de la gravedad, alcanzado su Capacidad de Campo. El movimiento del agua en esta etapa es en forma ascendente debido a una diferencia de gradientes de presión a través de los espacios capilares del suelo, esta forma de agua abastece a las plantas para satisfacer sus necesidades hídricas durante todo su ciclo de cultivo.
- Agua Higroscópica, la forma higroscópica se presenta cuando un suelo se ha secado como consecuencia de la pérdida de agua, ocurrido a través de las plantas o por medio

de la evaporación, esta se encuentra adherida en forma de una pequeña película fina alrededor del suelo, así mismo no es útil para las plantas tradicionales ya que el sistema radicular no tiene la capacidad para absorberla, esta forma de agua se puede absorber cuando un suelo es secado al aire.

- Agua en forma de Vapor, el agua en forma de vapor se encuentra en la atmósfera interna del suelo, el movimiento que presenta se realiza por medio de una diferencia de gradientes de presión de vapor, esto quiere decir que la humedad se mueve de puntos de mayor a menor humedad relativa.

Dentro de los parámetros de humedad del Suelo, considerados en la aplicación del agua de riego se encuentran los siguientes:

- Capacidad de Campo,.
- Punto de Marchitez Permanente y
- Densidad Aparente,

Casi la totalidad del agua absorbida por las raíces de la planta es transpirada a través de las hojas, permitiendo de ese modo la circulación o transporte de las sustancias en la planta, tanto las elaboradas como las no elaboradas, sin un tránsito apropiado la planta no realiza sus funciones apropiadamente disminuyendo por lo tanto la producción, si el tránsito se paraliza, la planta muere. Se puede afirmar que el estado hídrico ideal de la planta es consecuencia de un equilibrio dinámico entre la oferta del agua a las raíces y la demanda que produce el medio ambiente, consiguiéndose de esta manera una armonía tal, que por medio de esta se regulan los procesos fisiológicos, la planta que la conducen hacia su capacidad productiva máxima.

El agua desempeña una serie de funciones importantes tales por ejemplo, como elemento, es el componente químico más abundante en las plantas, ya que en los tejidos activos llegan a constituir entre 80 a 95 % en peso, siendo por lo tanto el factor de producción que en nuestro medio más condiciona el crecimiento de las plantas debido a la enorme cantidad de funciones que realiza.

Físicamente, aunque la molécula es neutra, la distribución de la carga no es uniforme, a causa de la grande atracción del núcleo con los electrones compartidos de los enlaces covalentes, por tanto en uno de los lados domina la carga positiva y en otro la negativa. La molécula de agua, es asimétrica y de forma angular con una abertura de  $105^\circ$ , estando él oxígeno en el vértice y en cada uno de los lados los hidrógenos. Este ángulo es la causa principal de que la molécula sea dipolar, teniendo por lo tanto esta característica una enorme importancia biológica. La polaridad posibilita las uniones de moléculas de agua entre sí o con otras polares por los puentes de hidrogeno, esta disposición explica no sólo la hidratación de iones y moléculas, si no también sus propiedades los cuales se mencionan enseguida.

- La tensión superficial, es el resultado de las fuerzas de cohesión o adherencia de las moléculas de agua y entre ellas. Así la cohesión es la unión entre moléculas de agua y la adherencia es la unión con otras moléculas.
- El fenómeno de la capilaridad hace que el agua suba sola por los tubos finisimos y la inhibición que es la penetración por capilaridad de las moléculas del agua.
- El calor específico al ser elevado tiene un gran interés biológico, ya que tiende a restringir el movimiento de las moléculas.

- El calor de vaporización, es el responsable del cambio de estado líquido a gas, para que se lleve a cabo este proceso se requieren de 540 calorías para que un gramo de agua líquida se convierta en vapor. La evaporización produce enfriamiento así se tiene que en la superficie de las plantas es el recurso principal para eliminar el exceso de calor y estabilizar su temperatura.
- El calor de fusión, este proceso es el que provoca el paso de agua sólida a líquida y se cuantifica en 79.7 calorías por gramo.

Así mismo, se mencionan que el agua tiene otras propiedades importantes como son su poder de disolvente y la posibilidad de ionizarse.

## **1 PARAMETROS DE HUMEDAD DEL SUELO.**

### **1.1 CAPACIDAD DE CAMPO.**

#### **INTRODUCCION:**

Capacidad de Campo, este parámetro se considera como la máxima cantidad de agua que un suelo puede retener en contra de la fuerza de la gravedad, para determinarlo existen diversos métodos en el cual se utilizara el que más se ajuste a las condiciones locales, la disponibilidad de equipo dentro de estos se tiene a: Método de Campo, de las ollas de presión ó succión a 1/3 de atmósfera , equivalente de humedad y las columnas de Colleman.

La determinación de la Capacidad de Campo, por el método de campo se alcanza dos días después de efectuar el riego, para lo cual se determina en un punto específico de la curva el contenido de humedad con relación al tiempo. Por otra parte el hecho de

especificar el tiempo de medición permite calcular el agua utilizada por las plantas durante el período en que está drenando.

Una vez que se ha drenado el exceso de agua gravitacional, es el momento en que cesa el movimiento descendente del agua, cuando esto ocurre se dice que el suelo está a su Capacidad de Campo, la magnitud de ésta depende principalmente de la textura, estructura y grado de compactación del suelo.

La Capacidad de Campo se define como “La máxima cantidad de agua que un suelo puede retener contra el drenaje por medio de la gravedad”, y se presenta de 2 a 5 días después de un riego pesado o una fuerte lluvia según la textura del suelo, correspondiendo mayor retraso a los suelos pesados o arcillosos. En estas condiciones el agua ha sido separada de los macroporos, estando presente aún en los microporos y la tensión de la superficie externa de la película de agua, oscila entre 0.1 y 0.5 bares, según el tipo de suelo (se utiliza un valor medio de  $1/3$  bares).

El movimiento capilar del agua ocurre como respuesta al gradiente de presión resultante de la atracción por adhesión y cohesión. Entre más delgada sean las películas de agua alrededor del suelo y más pequeños sean los poros que están llenos de agua, mayor será la tensión o esfuerzo de la humedad del suelo. Si hay una diferencia de tensión en 2 sitios vecinos, el agua tiende a moverse lentamente de la posición de baja tensión a la de alta. Este movimiento se llama “Movimiento Capilar o Flujo no Saturado”.

La utilización del agua por las plantas decrece a medida que lo hace el espesor medio de la película, el agua será tomada de los microporos más grande y permanecerá en los poros más pequeños alrededor de las partículas sólidas. Esto continuará así mientras que la planta pueda separar agua de las partículas del suelo.

## **PRACTICA No. 1**

### **METODO DE CAMPO.**

#### **INTRODUCCION:**

Este método consiste en levantar un pequeño bordo para formar en el campo un cuadro de aproximadamente un metro cuadrado, posteriormente esto es saturado de agua, así mismo es tapando con plástico, lonas, u otros, para evitar la evaporación directa. Después de 24 horas se inicia el muestreo de suelo a las profundidades seleccionadas mediante una barrena, tapando inmediatamente el hoyo formado.

Las muestras son llevadas al laboratorio para determinar primeramente su peso de suelo húmedo, después se pasan a la estufa aplicando una temperatura de 110 °C, durante 24 horas, transcurrido este tiempo se determina su peso seco; con los valores obtenidos de suelo húmedo y suelo seco se determina el contenido de humedad mediante la fórmula.

$$PW = \frac{P_{sh} - P_{ss}}{P_{ss}} \times 100$$

Cuando el contenido de humedad se hace constante o tiende a serlo se dice que ha llegado a su Capacidad de Campo.

#### MATERIALES Y METODOS:

- Cubeta.
- Agua.
- Plástico de Polietileno.
- Barrena tipo Veihmeyer.
- Botes de Aluminio con Tapa.
- Estufa.
- Balanza.

#### PROCEDIMIENTO:

1.- Realice el levantamiento con bordos para formar un cuadro en el terreno de aproximadamente 1 x 1 m.,

2.- Se humedece el perfil a una profundidad aproximada de 30 cm.

3.- Una vez colocada el agua se cubre con una lona ahulada o un plástico negro, el lugar humedecido para evitar la evaporación y el crecimiento de diversas plantas. y se deja que se infiltre.

4.- Después de 24 horas en que el agua termina de infiltrarse se inicia la recolección de muestras de suelo en el espesor humedecido a intervalos de 4 a 6 horas en suelo ligero, de 12 a 24 horas en suelos pesados, con la finalidad de hacer las determinaciones de los porcentos de humedad que va presentando el suelo durante su secado.

5.- Para realizar el muestreo se recomienda utilizar barrenas que pueden ser de forma helicoidal, confeccionada con una broca usada en carpintería de una pulgada de diámetro (25.4 mm), unida a un tubo que termina en cruceta para poderla maniobrar, la de tipo tabular de las cuales la más conocida es la Veihmeyer, es considerada como la que proporciona datos más exactos, en caso de carecer de este material, se hacen los muestreos con una de las barrenas de tirabuzón utilizadas en los estudios agrológicos.

Las muestras pueden ser obtenidas hasta del espesor de suelo comprendido en una profundidad de 1.50 m., dividido en espesores de 0.30 m., a cada uno. Y se recomienda tomar muestras durante 5 días.

6.- Las muestras tomadas se colocan en botes con tapas herméticas, para que no pierda su humedad y es llevada al Laboratorio.

7.- Se determina el peso de suelo húmedo.

8.- En seguida se colocan a la estufa a una Temperatura de 110 °C

9.- Se determina el Peso de suelo seco.

10.- La diferencia de pesos entre suelo húmedo y suelo seco, determina el contenido de agua, el cual se calcula como porcentaje de la humedad con respecto al peso del suelo seco.

$$PW = \frac{Psh - Pss}{Pss} \times 100$$

Donde:

PW = % de humedad, en base a peso de suelo seco.

Psh = Peso de suelo húmedo, gr.

Pss = Peso de suelo seco, gr.

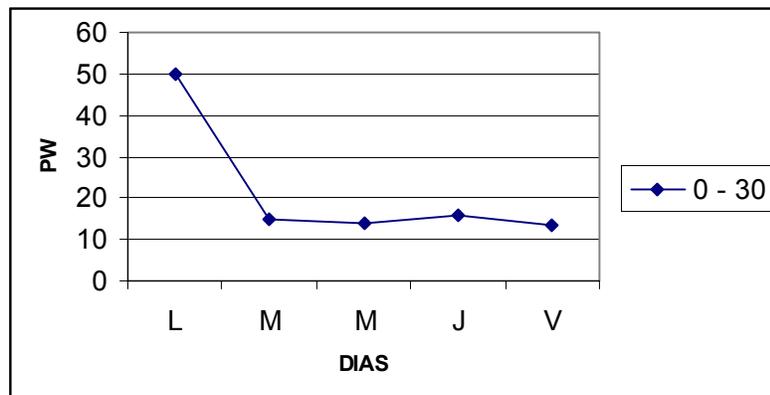
Los valores de los porcentos de humedad que se obtuvieron en la serie de pesadas, son utilizados para construir las curvas de humedad en función del tiempo, para realizar este proceso se utiliza un sistema de ejes de coordenadas, colocándose en las abscisas los tiempos y en las ordenadas los valores de los porcentajes de humedad; cuando la curva tiende a la horizontal se tendrá el valor de PW, correspondiente al parámetro de Capacidad de Campo.

Una forma de ejemplificar este método, se obtuvieron los siguientes datos de campo.

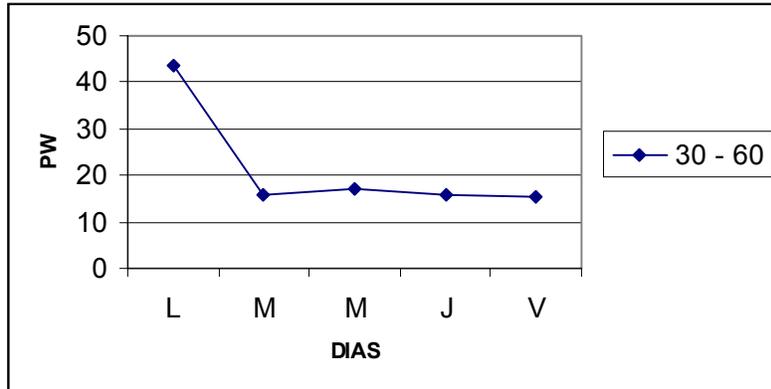
**Cuadro 1** Datos para determinar la Capacidad de Campo, por el método de Campo.

Días.	Bote. No.	Prof. (cm).	Psh + Bote.	Pss + Bote.	Bote (grs).	Psh. (gr.).	Pss. (grs).	PW. (%)
Lunes	1	0 – 30	189.2	135.3	27.6	161.6	107.7	50.0
	2	30 - 60	201.5	148.5	24.5	177.0	123.5	43.4

Martes	1	0 – 30	160.7	143.3	27.6	133.1	115.7	15.0
	2	30 - 60	171.8	151.9	24.5	147.3	127.	15.6
Miércoles	1	0 – 30	128.4	113.2	27.6	100.8	88.7	13.7
	2	30 - 60	168.3	147.5	24.5	143.8	123.0	16.9
Jueves	1	0 – 30	137.2	122.3	27.6	109.6	94.7	15.8
	2	30 - 60	164.5	145.7	24.5	140.0	121.2	16.5
Viernes	1	0 – 30	143.6	129.8	27.6	116.0	102.2	13.5
	2	30 –60	169.7	150.4	24.5	145.2	125.9	15.4



**Gráfica 1** Contenido de humedad a una Profundidad de 0 – 30 cm.



**Gráfica 2** Contenido de humedad a una Profundidad de 30 – 60 cm.



**Figura 1** Preparación del terreno para determinar la Capacidad de Campo, por medio del método de campo.

## CONCLUSION:

Con la realización de esta práctica, queda claro el concepto relacionado con la dinámica del agua en suelos no saturados, el tiempo que tarda un suelo para llegar a su Capacidad de Campo, después de haber sido saturado o cuando se presenta una lluvia.

Por otra parte se aprecia la relación que existe entre las tensiones y la humedad en el suelo, para comprender este parámetro expresado en porcentaje, ambos en relación al tiempo después de la saturación.

El conocimiento de la Capacidad de Campo sirve para interpretar adecuadamente su capacidad de almacenamiento para mejorar y llevar a cabo la aplicación del agua así como la conservación de la misma de una forma técnica y eficiente.

El agua presenta un movimiento radial lo que puede producir errores en la determinación, para evitarlo se debe humedecer toda el área.

La cual se obtuvo un promedio de 21.6 por ciento de humedad de esta muestra.

## **PRACTICA No. 2**

### **METODO DE LAS OLLAS DE PRESION.**

#### **INTRODUCCION:**

Al determinar la Capacidad de Campo por medio de este método, es necesario someter las muestras de suelo a una tensión de  $1/3$  atmósfera, dicha muestra previamente debe ser molida y tamizada, posteriormente es colocada en un plato de cerámica porosa, previamente saturada por completo, dentro de unos anillos de hule instalados sobre un plato de cerámica, se continúa posteriormente colocarlos dentro de la olla para aplicarle la presión deseada, esta hace que el agua se drene y sea colocado en una probeta, cuando la lectura se hace constante en ella se dice que el suelo llega a la Capacidad de Campo.

#### **MATERIALES Y METODOS:**

- Platos porosos.
- Anillos de retención.
- Arandelas de hule.
- Ollas de presión.
- Compresor.
- Mortero.
- Criba.
- Botes de Aluminio con Tapa.
- Estufa.

- Balanza.

#### PROCEDIMIENTO:

1.- Se recolectan las muestras de suelo en un área determinada y posteriormente se seca.

2.- Enseguida el suelo se muele y se tamiza.

3.- En unas charolas con agua se colocan los platos de cerámica porosa y se pone tierra en los anillos para saturarse con agua, se deja reposar durante 18 horas.

4.- Después de este tiempo se retira el exceso de agua.

5.- Se pasan conjuntamente las muestras y los platos a la olla de presión se tapa, procediendo aplicarle la presión de 1/3 atmósfera o 5 PSI, por un período de 24 a 48 horas.

6.- El agua, debido a la presión ejercida empieza a drenar, en ese momento se recoge el agua con una probeta, el escurrimiento debe ser igual a 1 ml/hora por cm<sup>2</sup> de área de plato o mayor al aplicarse dicha presión. En estas condiciones se comprueba que los platos tienen una operación satisfactoria, debe observarse que por las válvulas no haya salida de burbujas de aire, si esto ocurre quiere decir que existe un defecto en el plato. Al aplicarle presión a la olla se verifica también que no exista alguna fuga por la capa o cualquier otra conexión al ser sumergida.

7.- Se sacan las muestras húmedas, se colocan en los botes y se tapan, enseguida se pesa y se obtiene el peso de suelo húmedo.

8.- El secado se realiza en la estufa a una temperatura constante de 110 °C, durante 24 horas.

9.- Se sacan las muestras de la estufa y se pesa para obtener el peso de suelo seco.

10.- Se calcula el valor de Capacidad de Campo en % de agua en base al Peso del Suelo Seco.

Procedimiento para la aplicación de diferentes presiones utilizando el **Manifold 700-23**

Para Presiones entre 0 y 3 Bares:

Extractor: 1,600

Platos: 1 y/o 3 Bares.

- 1.- Cerrar la válvula de salida (7).
- 2.- Abrir el regulador (4), asegurándose que se encuentre preparado para recibir una presión mayor que la que se desea aplicar.
- 3.- Abrir el regulador (3), hasta alcanzar una presión de 3 a 5 PSI, mayor que la que se desea aplicar, puede ser leída en el indicador (6).
- 4.- Cerrar el regulador (4), hasta que el indicador (6), cheque la presión exacta que se desea aplicar.
- 5.- Abrir la válvula de salida (7).
- 6.- Al terminar la determinación, cerrar uno de los reguladores (3 y 4), en sentido contrario a las manecillas del reloj.

Para Presiones entre 3 y 8 Bares:

Extractor: 1,500

Platos: 15 Bares.

- 1.- Cerrar la válvula de salida (8).
- 2.- Cerrar la válvula A y B.

3.- Abrir el regulador (2), hasta una presión en exceso de 125 PSI, usualmente alrededor de 175 PSI.

4.- Abrir el regulador (3b) hasta que la presión exacta que se desea aplicar es leída en el indicador (5).

5.- Abrir la válvula de salida (8).

6.- Al terminar la determinación, se cierra el regulador (3b) en sentido contrario de las manecillas del reloj.

Para Presiones Mayores de 8 Bares:

Extractor: 1,500

Platos: 15 Bares.

1.- Cerrar la válvula de salida (8)

2.- Cerrar la válvula (B) y abrir la válvula (A).

3.-Abrir el regulador (2) girando en el sentido de las manecillas del reloj, hasta que la presión deseada es leída en el indicador (5).

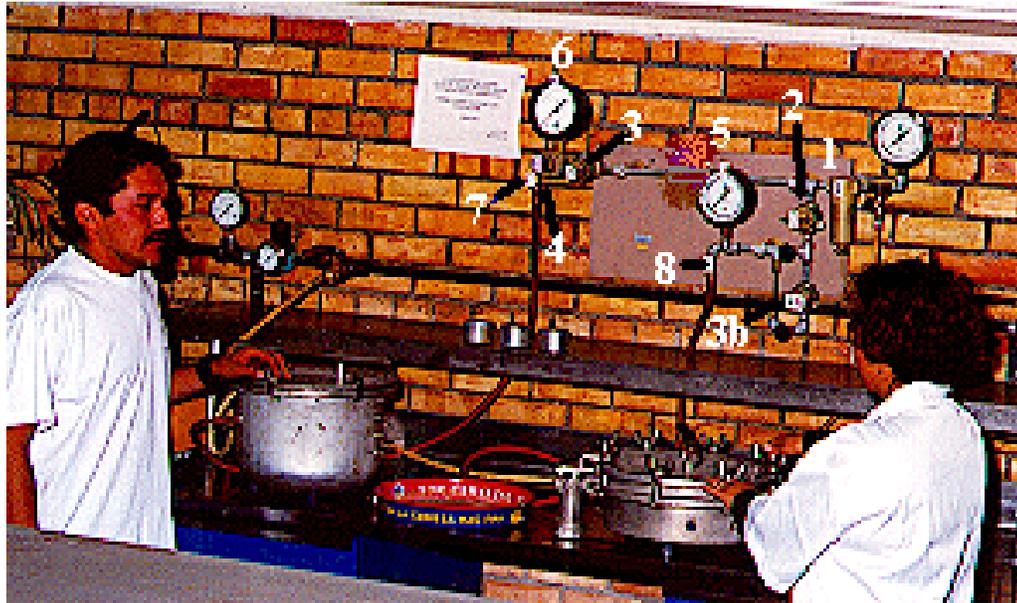
4.- Abrir la válvula de salida (8).

5.- Al terminar la determinación, se cierra el regulador (2), en sentido contrario a las manecillas del reloj.

Una manera de observar la estimación de Capacidad de Campo por este método se obtuvieron los siguientes datos

**Cuadro 2** Datos para determinar la Capacidad de Campo, por el método de las ollas de presión.

Días.	Prof. (cm)	Psh + Tara (grs)	Pss + Tara (grs)	Tara (grs)	Psh (grs)	Pss (grs)	Pw (%)
Lunes	0 – 30	59.6	53.4	31.0	28.6	22.4	27.7
	30 – 60	60.1	52.8	32.5	27.6	20.3	35.9
Martes	0 – 30	59.8	54.5	31.0	28.8	23.5	22.6
	30 – 60	60.9	56.3	32.5	28.4	23.8	19.3



**Figura 2** Ollas de Presión para determinar Capacidad de Campo, en el Laboratorio de Relación Agua-Suelo-Planta-Atmósfera del Departamento de Riego y Drenaje.

#### CONCLUSION:

Para poder determinar la Capacidad de Campo por medio del Métodos de las Ollas de Presión, se obtuvieron con muestras saturadas y al ser aplicadas la presión deseada de 5 PSI en las muestras obtenidas a una profundidad de 0 – 30 y 30 – 60 cm. y es expresado en % de humedad del suelo. En la cual se obtuvo un promedio de 26.4 % de Capacidad de Campo.

Dicha práctica se realizo en el laboratorio de Relación Agua-Suelo-Planta-Atmósfera del Departamento de Riego y Drenaje de la U.A.A.N.

## **1.2 PUNTO DE MARCHITEZ PERMANENTE.**

### INTRODUCCION:

El contenido de humedad de los suelos, cuando las plantas se marchitan permanentemente, se denomina punto o coeficiente de marchitamiento, este valor corresponde al límite inferior de la humedad aprovechable para la mayoría de los cultivos

Se dice que el suelo está en el Punto de Marchitez Permanente, cuando su contenido de humedad disminuye hasta causar el marchitamiento de las plantas, sin que estas se recuperen cuando se colocan en una atmósfera húmeda en un medio oscuro. Este parámetro constituye el límite más bajo de humedad disponible, así mismo el punto de marchitamiento no puede determinarse exactamente ni puede encontrarse en algunas tierras, especialmente en las que poseen altas concentraciones de sales.

Comúnmente el suelo se puede considerar como una fuente de almacenamiento de humedad cuyo límite superior se encuentra constituido por un contenido de humedad que corresponde a la Capacidad de Campo y un límite inferior formado por un contenido de humedad denominado Punto de Marchitez Permanente. Las raíces son semejantes a una bomba con muchas secciones que puedan penetrar profundamente en el depósito conforme se desarrollan los cultivos, si la tierra se vuelve más seca es necesario proporcionar más energía para bombear el agua hacia fuera, ya que se va disminuyendo en el depósito. Significativamente en este punto existe una diferencia precisa e importante entre un verdadero depósito y la tierra.

El agua de un depósito es libre de fluir hacia la succión de la bomba y se mueve más rápido de lo que éste puede extraerlo, el agua en el suelo no es libre de moverse hasta las raíces de la planta, esta se mueve más lentamente de lo que las raíces y la planta puede absorberla; la planta puede marchitarse, entonces para recuperarse más tarde cuando disminuye la velocidad de la demanda.

Una planta se marchitará cuando no es capaz de seguir obteniendo la humedad suficiente para hacer frente a sus necesidades hídricas. El agua se transmite más rápidamente en las texturas finas cuando el agua se retiene a tensiones bajas; sin embargo a mayores tensiones el movimiento es más rápido en las tierras de textura fina.

Las plantas que crecen en el suelo absorben toda el agua disponible y parte de ella se traslada de las raíces a las hojas para perderse en su mayor parte por evaporación y transpiración a través del follaje.

### **1.2.1 PLANTAS INDICADORAS.**

Este método consiste en colocar en un bote de 400 a 600 grs, de suelo, posteriormente se siembra 2 a 3 semillas de girasol o tomate, se riega lo necesario hasta que presente de 4 a 6 hojas, cuando llega ese momento se suspende el suministro de agua con él objeto de que se marchiten una vez ocurrido este proceso se somete a una atmósfera saturada, si no recupera su turgencia, se dice que el suelo alcanza el Punto de Marchitez Permanente.

### **1.2.2 MEMBRANAS DE PRESION O SUCCION A 15 ATMOSFERAS**

El Punto de Marchitamiento Permanente, por este método consiste en coleccionar una muestra de suelo, la cual es molida y tamizada, después se coloca en un plato de cerámica porosa para posteriormente aplicarle una presión de 15 atmósfera, la humedad que queda en el suelo después de 24 horas de secarlas en la estufa se considera como el Punto de Marchitez Permanente.

## **PRACTICA No. 3**

### **PLANTAS INDICADORAS**

#### **INTRODUCCION.**

El punto de Marchitez Permanente, depende del consumo de agua del cultivo, profundidad de la zona radicular, del agua utilizada por el vegetal y de la capacidad de retención.

El método de las Plantas Indicadoras, consiste en llenar unos botes con aproximadamente 400 a 600 grs de suelo, en el cual se desea conocer el Punto de Marchitez Permanente, posteriormente se siembran semillas de girasol, este método es el más sencillo y se utiliza cuando se requiere obtener respuestas sobre el punto de Marchitez Permanente

#### **MATERIALES Y METODOS:**

- Semilla o una planta de Girasol.
- El horno.
- Báscula.
- Navaja.

#### **PROCEDIMIENTO:**

1.- Selección de botes para colocarle suelo y se siembra de 4 a 6 semillas de girasol.

2.- Se riega para aumentar el contenido de humedad hasta alcanzar a Capacidad de Campo.

3.-Se riega de acuerdo a las necesidades hasta que presente 4 hojas,

4.-En este momento se riegan por última vez, si la planta se somete a 1 atmósfera saturada de humedad y no recupera su turgencia, se dice que el suelo está a Punto de marchites Permanente, siendo su valor el porcentaje de humedad en ese momento.

5.- Posteriormente cuando la planta no recupera su turgencia, se pesa el bote con toda la planta.

6.- Después se pesa el bote pero sin la planta dejando solamente las raíces y se anota el peso.

7.- Después se coloca el sistema al horno a una temperatura de 110 °C por 2 o 3 días, hasta que el peso sea constante.

8.- Se realiza los siguientes cálculos.

$$Ps_1 = (\text{bote} + \text{suelo} + \text{planta})$$

$$Ps_2 = (\text{bote} + \text{raíces} + \text{suelo})$$

$$Pp = (Ps_1 - Ps_2)$$

$$PMP = \frac{Ps_1 - (Pp + 0.4Pp + Ps)}{Ps - (0.1Pp + Pb)}$$

Donde:

$Ps_1$  = Peso del sistema; Bote + Planta + Suelo húmedo, gr.

$Ps_2$  = Peso del Sistema; Bote + Raíces + Suelo húmedo, gr.

$Pp$  = Peso de la parte Aérea de la planta, gr.

$Ps$  = Peso del Bote + Suelo seco, gr.

$Pb$  = Peso Standard del Bote con Tapa, gr.

$0.4Pp$  = Peso Aproximado del Agua en las Raíces, gr.

$0.1Pp$  = Peso Aproximado de las Raíces Secas, gr.

Para determinar el Punto de Marchitez Permanente, se colocó suelo sembrando de 4 a 6 semillas de girasol obteniendo los siguientes datos:

$$Ps_1 = (410grs)$$

Peso del sistema; Bote + Planta + Suelo húmedo

$$Ps_2 = (400grs)$$

Peso del Sistema; Bote + Raíces + Suelo húmedo

$$Pp = (410grs. - 400grs.)$$

$$Pp = (10grs)$$

$$Pb = (20 gr.)$$

$$Psh = (410grs)$$

$$Pss = (355grs)$$

$$\text{PMP} = \frac{410\text{grs} - (10\text{grs} + 0.4(10\text{grs}) + 355\text{grs})}{355\text{grs} - (0.1(10\text{grs}) + 20\text{grs})}$$

$$\text{PMP} = 123\%$$



**Figura 3** Determinación del Punto de Marchitez Permanente, por medio de las Plantas Indicadoras.

#### CONCLUSION:

El Punto de Marchitez Permanente se utiliza para conocer el límite mínimo de agua contenida en un suelo determinado, para la mayoría de los cultivos o plantas que sufren los síntomas de la sequía.

Con los parámetros de Capacidad de Campo y Punto de Marchitez Permanente podemos evaluar el volumen o la lámina de agua que un suelo tiene a una determinada profundidad la cual estará disponible para la planta.

También se puede señalar que es muy importante en estimar este parámetro, ya que indica el porcentaje de humedad permitido para que llegue al Punto de Marchitamiento Permanente.

Por lo tanto en la determinación de Punto de Marchitez Permanente por medio de las plantas indicadoras como el Girasol , se obtuvo un 12.3 %

## **PRACTICA No. 4**

### **METODO DE LAS MEMBRANAS DE PRESION O SUCCION A 15 ATMOSFERA.**

#### **INTRODUCCION:**

Para poder determinar el Punto de Marchitez Permanente, por medio de este método, se usa el mismo procedimiento utilizado para la Capacidad de Campo, solamente se cambia el plato de cerámica poroso y la presión aplicada, la cual será de 15 atmósfera,

Este es uno de los métodos más comunes para determinar el Punto de Marchitez Permanente también se le conoce como el Método de Richards,

#### **MATERIALES Y METODOS:**

- Membrana de Presión.
- Balanza.
- Estufa.
- Botes con Tapas Herméticas.

## PROCEDIMIENTO:

- 1.- Se recolecta muestras de suelo en un área determinada y posteriormente se seca.
- 2.- Enseguida el suelo se tamiza y se mezcla.
- 3.- Se humedece la membrana, se instala el aparato.
- 4.- En los anillos se coloca suelo, se cubre todo el aparato con un pedazo de papel encerado y se saturan con agua en la membrana, se deja reposar durante 16 horas.
- 5.- Después de este tiempo se quita el exceso de agua de la membrana por medio de una pipeta.
- 6.- Se cierra la membrana de presión, se tapa y se deja entrar el aire a una presión de 15 atmósfera ,por un tiempo de 48 horas.
- 7.- Se retiran las muestras de suelo de las membranas, se colocan en botes, se tapan y se pesan.
- 8.- El secado se realiza en la estufa a una temperatura contante de 105 °C, durante 24 horas.
- 9.- Se sacan las muestras de la estufa y se pesa para obtener el peso de suelo seco.
- 10.- Se determina el porcentaje de humedad correspondiente al Punto de Marchitez Permanente.

De acuerdo a la realización de esta práctica los siguientes datos:

**Cuadro 3** Datos obtenidos para determinar el Punto de Marchitez Permanente, por medio del Método de las Membranas de Presión.

Prof.	Psh + B	Pss + B	BOTE	Psh	Pss	PW
(cm)	(grs)	(grs)	(grs)	(grs)	(grs)	(%)

0 – 30	49.2	46.2	22.5	26.7	23.7	12.6
	45	42.4	21.3	23.7	24.1	12.3



**Figura 4** Membranas de Presión, para determinar el Punto de Marchitez Permanente.

#### CONCLUSION:

Al igual que el parámetro de Capacidad de Campo, el Punto de Marchitez Permanente, indica el límite mínimo de agua contenida en el suelo, al cual la mayoría de las especies vegetales, sufren los síntomas de sequía, además con ambos parámetros

podremos evaluar el volumen o la lamina de agua que tiene un suelo a una determinada profundidad la que esta disponible para los vegetales.

Para la prueba realizada se obtuvo un valor promedio de 12.4 % de Punto de Marchitez Permanente en las dos lecturas que se determinaron para este tipo de suelo

En caso de que sea difícil utilizar las membranas de presión o no contar con ellas para poder estimar el PMP, se puede utilizar el valor de Coeficiente de Marchitez.

$$\text{Coeficiente de Marchitez} = \frac{CC}{1.84}$$

### **1.3 DENSIDAD**

#### **INTRODUCCION:**

La Densidad, es la masa (peso) por unidad de volumen de suelo seco. El volumen considerado incluye las partículas sólidas del suelo y el espacio poroso, esta es medida en gr./ml.

Este parámetro es necesario distinguirlo básicamente en sus 2 formas como son: Densidad Real y Densidad Aparente de un suelo.

#### **1.3.1 LA DENSIDAD REAL.**

Depende principalmente de las propiedades de la materia orgánica e inorgánico presente, raramente aparece en cantidades apreciables, la cantidad de los componentes dentro de una serie bastante reducida. Es una fusión aditiva de las densidades de los constituyentes del suelo.

Es la relación que existe entre el peso del suelo seco ( $P_{ss}$ ) y el volumen real ( $V_p$ ).

El tamaño y arreglo de las partículas del suelo no afectan a la Densidad de las partículas. Sin embargo la materia orgánica que pesa mucho menos de un volumen de sólidos minerales influye drásticamente ella.

Generalmente se estima un valor aproximado de 2.65 gr./cc, sin embargo para la mayoría de los diferentes tipos de suelo, se tiene que esta varia de 2.5 a 2.75 gr./cc.

Usualmente la Densidad Real se expresa en gr./cc y es determinada con la siguiente ecuación:

$$D_r = \frac{P_{ss}}{V_p}$$

Donde:

$D_r$  = Densidad Real, gr./cc.

$P_{ss}$  = Peso de Suelo Seco, gr.

$V_p$  = Volumen de las partículas, cc.

### **1.3.2 LA DENSIDAD APARENTE.**

Esta se define como el cociente que resulta de dividir el peso de suelo seco entre el volumen total incluyendo los poros, esta se expresa en  $\text{gr}/\text{cm}^3$ , así mismo puede variar según el estado de agregados del suelo y la proporción del volumen aparente ocupado por los espacios intersticiales que existen incluso en suelos compactos.

Si consideramos cierto volumen del suelo en sus condiciones naturales, es evidente que solo una parte de dicho volumen esta ocupado por el material del suelo. El resto lo constituye los espacios intersticiales que en condiciones ordinarias de campo, están en parte

ocupados por medio de agua y aire. El peso de la unidad de volumen de suelo con espacios intersticiales que se anexa en el siguiente cuadro(4).

**Cuadro 4** Densidad Aparente de los suelos

<b>Suelos Orgánicos.</b>	<b>0.7 - 1.0</b>	<b>grs / cm<sup>3</sup></b>
<b>Arcilla.</b>	<b>1.0 - 1.2</b>	<b>grs / cm<sup>3</sup></b>
<b>Franco.</b>	<b>1.3 - 1.4</b>	<b>grs / cm<sup>3</sup></b>
<b>Arena.</b>	<b>1.6 - 1.7</b>	<b>grs / cm<sup>3</sup></b>

## **PRACTICA No. 5**

### **METODO DE LA PARAFINA**

#### **INTRODUCCION:**

La Densidad Aparente, es considerada como la relación existente entre la masa de los sólidos y el volumen total que ocupa, es decir incluyendo el espacio poroso así como el existente entre las partículas sólidas.

Los suelos arenosos son relativamente bajos en espacio vacío total, proporcionalmente tienen densidades aparentes altas.

Este método para poder determinar la densidad Aparente se requiere del siguiente equipo.

#### **MATERIALES Y METODOS:**

- Probeta Graduada.
- Terrón.
- Hilo.
- Agua.
- Balanza.
- Mechero.
- Soporte.
- Parafina.
- Bote de Aluminio con Tapa.

- Estufa.

PROCEDIMIENTO:

1.- Se toma un terrón de la muestra de suelo, se parte a la mitad, una de las partes es colocada en un bote con tapa hermética.

2.- Se pesa el terrón y se coloca en la estufa, para después poder determinar el peso de suelo seco.

3.- La otra parte se ata un hilo y se pesa.

4.- En una cápsula de porcelana, se pone a calentar parafina y se introduce el terrón para impermeabilizarlo.

5.- Posteriormente se pesa nuevamente, el terrón más la parafina.

6.- Para conocer el volumen del terrón, será necesario meterlo en una probeta con un volumen conocido de agua, de esta manera se determina el volumen que desplaza.

7.- Con el volumen desplazado se hacen los cálculos correspondientes, volumen del terrón más la parafina.

La Densidad aparente por el método de la parafina, se determina con la siguiente expresión.

$$Da = \frac{P_{ss}(Terron)}{VT(Terron)} = \frac{Ms}{Vs}$$

$$Da = \frac{PTs}{P(T + P) - Vd - \left(\frac{P(T + P) - PTS}{Dp}\right)}$$

Donde :

Da = Densidad Aparente, gr./cc.

Dp = Densidad de la Parafina, (0.89 gr./cc).

PTs = Peso del Terrón de tierra, seco al aire, gr.

Vd = Volumen de agua que Desplaza o  $V_{T+P}$ .

Una manera de ejemplificar el método de la Parafina se obtuvo a partir de la siguiente información:

Datos:

PTs = 33 grs.

$P_{(T+P)} = 39$  grs.

Dp = 0.89 gr./cc.

Vd = 29cc.

$$Dp = \frac{Mp}{Vp} = \frac{6\text{grs}}{6.74\text{cc}} = \frac{Mp}{Vp} = 0.89\text{grs/cc}$$

Dp = Densidad de la Parafina.

Mp = Masa de la Parafina.

Vp = Volumen de la Parafina.

$$Mp = P_{(T+P)} - PTs = 39\text{grs} - 33\text{grs} = 6\text{grs}$$

$P_{(T+P)}$  = Peso del Terrón + Parafina.

PTs = Peso del Terrón.

$$V_p = \frac{MP}{D_p} = \frac{6\text{grs}}{0.89\text{grs/cc}} = 6.74\text{cc}.$$

$$V_T = (V_{(T+P)} - V_p) = 29\text{cc} - 6.74\text{cc} = 22.26\text{cc}$$

VT = Volumen del Terrón.

$$D_a = \frac{MT}{VT} = \frac{33\text{grs}}{22.26\text{cc}} = 1.48\text{grs/cc}$$

MT = Masa del Terrón.

VT = Volumen del Terrón.



**Figura 5** Determinación de la Densidad Aparente, por el método de la Parafina.

#### CONCLUSION:

La Densidad aparente, varia de acuerdo a las propiedades físicas del suelo, la materia orgánica y textura.

Este valor esta basado a las unidades estructurales del suelo, la cual se ha calculado a partir de la masa y su volumen, el terrón es cubierto con parafina, posteriormente se pesa

y muy importante el manejo del terrón, por lo tanto tenemos que en esta práctica se trata de un suelo Franco con una Densidad Aparente de 1.48 gr./cc

## **PRACTICA No. 6**

### **METODO DE LA BARRENA O CILINDROS DE VOLUMEN CONOCIDO**

#### **INTRODUCCION:**

Este método se adapta a suelos no pedregosos y fue diseñado por Uhland, en este método se utiliza un cilindro con un diámetro de 4.7 cm o más, este es introducido en el suelo por impacto, así mismo no hay mucha influencia de compactación en los datos. Es importante secar la muestra del suelo a una temperatura de 105 °C, posteriormente se obtiene el peso de suelo seco (Pss) y en vista de que el volumen total del cilindro es conocido, se esta en condiciones de determinar la densidad aparente para lo cual, se utiliza la siguiente ecuación:

$$Da = \frac{Pss}{Vt}$$

Donde:

Da = Densidad Aparente, gr./cc.

Pss = Peso de Suelo Seco, gr.

Vt = Volumen Total, cc.

$$Vt = \Pi r^2 h = 0.785(D)^2 h \quad \text{ó} \quad \frac{\Pi D^2}{4} h$$

Donde:

$r$  = Radio del Cilindro, cm.

$h$  = Altura del Cilindro, cm.

$D$  = Diámetro del Cilindro, cm.

#### MATERIALES Y METODOS:

- Barrenas Especiales (Tipo Uhland).
- Botes de Aluminio con Tapa.
- Balanza.
- Estufa.
- Pala.

#### PROCEDIMIENTO:

- 1.- Se selecciona un área de preferencia donde anteriormente se realizó la Capacidad de Campo y Punto de Marchitez Permanente.
- 2.- Se limpia la superficie para dejarlo completamente plano.
- 3.- Se introduce en el suelo el cilindro por impacto.
- 4.- Enseguida se coloca la muestra en un bote de aluminio y se lleva al laboratorio.
- 5.- Se coloca en el horno a una temperatura de  $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ , para obtener el Peso del Suelo Seco.
- 6.- Posteriormente se determina el volumen total del cilindro.
- 7.- Se determina la Densidad Aparente aplicando la Ecuación correspondiente.

En el área del Bajío, utilizado para la siembra de cultivos, se determinó la densidad aparente del suelo, para la cual se obtuvo los siguientes datos:

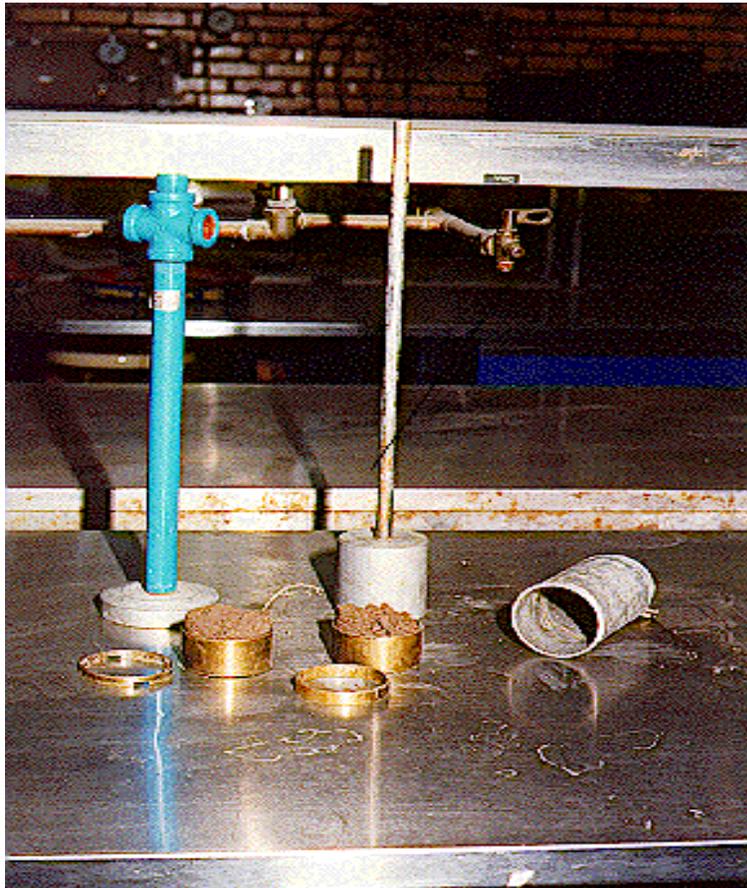
PSS = 174.9 gr.

$h$  = 7.4 cm.

$$d = 4.7 \text{ cm.}$$

$$V_t = 0.785(D)^2 h = 0.785(4.7)^2 7.4 = 128.3 \text{ cc}$$

$$D_a = \frac{P_{ss}}{V_t} = \frac{174.9 \text{ grs}}{128.3 \text{ cc}} = 1.3 \text{ grs / cc}$$



**Figura 6** Determinación de la Densidad Aparente, por medio del método de las Barrenas o Cilindros de Volumen Conocido.

#### CONCLUSION:

Existe una clara relación del valor de la densidad aparente con otras propiedades y características de los suelos. En la densidad aparente, el valor no es constante y varía con el tiempo para un punto dado, especialmente en la capa arable.

En esta practica se contó con un cilindro que tiene un diámetro de 4.7 cm y una altura de 7.4 cm, la muestra obtenida fue de un suelo Franco, obteniéndose una Densidad Aparente de 1.3 gr./cc

## **PRACTICA No. 7**

### **METODO DE CUBICACION**

#### **INTRODUCCION:**

La Densidad Aparente de un suelo, también llamada peso específico, es la relación que existe entre el peso del suelo seco y el volumen total del suelo.

En la mayoría de los suelos, la densidad aparente tiene un valor medio de 1.3 grs/cc. En los suelos arenosos puede ser igual a 1.6 gr./cc, mientras que en las arcillas puede ser de 1.1 grs/cc.

El grado de compactación, la estructura del suelo y el contenido de Materia Orgánica, afectan el valor de densidad aparente, el amplio rango de variación de la densidad aparente, es en función de la porosidad ya que el agua se almacena en los poros, la determinación es fundamental en el diseño de cualquier sistema de Riego. Algunos suelos de textura fina tienen menos de 5 % de aire a Capacidad de Campo.

#### **MATERIALES Y METODOS,:**

- Pala.
- Cinta Métrica.

- Probeta.
- Cubeta.
- Botes de Aluminio con Tapa.
- Estufa.
- Balanza.
- Plástico de Polietileno.
- Barrena.

#### PROCEDIMIENTO:

- 1.- Se selecciona un área determinada.
- 2.- Realice una excavación de dimensiones conocidas aproximadamente (20 x 20 x 15 cm), sobre la superficie del terreno.
- 3.- La porción del suelo obtenida se coloca en una bolsa
- 4.- El cuadro formado se impermeabiliza con plástico para evitar la infiltración, posteriormente se llena de agua con una probeta para determinar el volumen
- 5.- Se llevan las muestras al laboratorio y se pesan, para obtener el peso de Suelo Húmedo.
- 6.- Se colocan a la estufa a una temperatura de 110 °C, para poder obtener el Peso de Suelo Seco.
- 7.- Se determina la Densidad Aparente aplicando la Ecuación correspondiente.

$$Da = \frac{P_{ss}}{V_t}$$

$$PSS = \frac{Psh}{\frac{Pw}{100} + 1}$$

$$Da = \frac{Psh}{Vt(\frac{Pw}{100} + 1)}$$

Donde:

Psh = Peso de Suelo Húmedo, Kg.

Vt = Volumen Total del Agua, lts.

Pw = Porcentaje de Humedad, %.

Da = Densidad Aparent, gr/cc.

Al determinar la Densidad Aparente de un suelo por medio del método de cubicación se obtuvieron los siguientes datos:

Peso de Suelo Húmedo = 5.8 Kg. o 5800 gr.

Volumen Determinado en el Campo = 3.2 Lts. o 3200 cc.

Contenido de Humedad = 25 %

$$Da = \frac{5800gr}{3200cc(\frac{25\%}{100} + 1)}$$

$$Da = \frac{5800gr}{4000cc} = 1.45 \text{ gr./cc.}$$

## CONCLUSION:

La determinación de la densidad aparente por el Método de la Cubicación es de gran importancia en las determinaciones Fisico-Químicas de los suelos. Basándose en el principio de los suelos que son sueltos y porosos, se tendrán pesos por unidad de volumen bajos, mientras que los suelos con partículas de arena, que están en estrecho contacto tendrán valores altos de densidad.

La determinación de la Densidad aparente por el Método de la Cubicación dio un resultado para la Densidad Aparente, de 1.45 gr./cc obteniendo de nuestra muestra un suelo FRANCO, este parámetro sirve para poder determinar las laminas de riego por aplicar.

## **2 MEDICION DE HUMEDAD DEL SUELO**

### **INTRODUCCION:**

La tensión de la humedad del suelo es una medida de la tenacidad con que el agua es retenida por el suelo, y representa la fuerza por unidad de área que debe aplicarse para extraerla, esta se expresa en atmósferas, es decir la presión del aire al nivel del mar a una temperatura de 21 °C (69.8 °F). Para determinar la humedad del suelo se utilizan diversos métodos, sin embargo estos se clasifican en directos e indirectos

### **2.1 METODOS DIRECTOS:**

Los Métodos Directos, son aquellos que determinan o estiman la humedad a partir de una muestra del suelo, su exactitud depende del número de muestras tomadas, así como de la destreza y manejo de las muestras, así se cuenta con los siguientes métodos..

Método Gravimétrico, en este método se toman muestras de suelo en el campo y llevarlo al laboratorio para determinar su contenido de humedad, aplicando la ecuación relacionan la diferencia de peso de suelo húmedo y peso de suelo seco entre el peso de suelo seco.

Método del Tacto, es un de los más antiguos que se han empleado para poder estimar el contenido de humedad del suelo, consiste en su inspección ocular y al tacto, basado en lo anterior existe diversas formas para estimarla, como se indica en el cuadro siguiente:

**Cuadro 5** Método practico para determinar el contenido de humedad. (Servicio de conservación de suelos de Estados Unidos).

% HUMEDAD APROVECHABLE.	TEXTURA DEL SUELO			
	GRUESA.	LIGERA.	MEDIA.	PESADA.
0	Seco, suelto, se pasa a través de los dedos	Seco, suelto, se pasa a través de los dedos.	Polvoroso, seco, en algunos casos en costras que se quiebran fácilmente	Duro, agrietado, algunas veces con costras sueltas sobre la superficie.
25 A 50	Apariencia seca, no forma una bola bajo presión de la mano	Apariencia seca, no se forma una bola bajo presión de la mano.	Algo costroso, pero forma una bola bajo presión de la mano.	Algo moldeable. Forma una bola bajo presión de la mano.
50 A 75	Apariencia seca, no forma una bola bajo presión de la mano	Tiende a formar una bola bajo presión, pero no estable.	Forma una bola bajo presión de la mano, algunas veces brilla bajo presión.	Forma una bola bajo presión, forma tiras de suelo al moldearlo con los dedos.
75 A 100	Con tendencia a agregarse, a veces forma una bola muy débil	Forma una bola de poca estabilidad bajo presión, no presenta brillo.	Forma una bola la bajo presión y es muy moldeable, brilla fácilmente, si tiene mucha arcilla.	Fácilmente forma tiras de suelo al moldearlos con los dedos, es lustroso.
100	Al comprimirlo pero deja húmeda	en la mano no aparece agua	sobre el suelo	
	Al comprimirlo	Escurre agua al	Puede escurrir	Lodoso y escurre

Más de 100	en la mano escurre agua.	amasarlo.	agua al comprimirlo.	agua sobre la superficie.
------------	-----------------------------	-----------	-------------------------	------------------------------

## **PRACTICA No. 8**

### **METODO GRAVIMETRICO.**

#### INTRODUCCION.

El Método Gravimetrico, consiste en tomar muestras de suelo en el campo donde se desea conocer el contenido de humedad del suelo, esto es importante ya que se esta en condiciones de determinar la cantidad de agua que se vaya aplicar para un riego.

#### MATERIALES Y METODOS:

- Barrena.
- Botes de Aluminio con Tapa.
- Balanza.
- Estufa.

#### PROCEDIMIENTO:

- 1.- Se toman muestras de suelo del campo, con las barrenas en el punto de muestreo.
- 2.- A profundidades previamente establecidas, y por estratos de acuerdo a cada estudio, colocándolos en los botes y se tapan.
- 3.- Se llevan al laboratorio para determinar su Peso de Suelo Húmedo.
- 4.- Se colocan a la estufa a una temperatura de 105 °C hasta que el peso sea constante, durante 24 horas.
- 5.- Posteriormente se obtiene el Peso de Suelo Seco.
- 6.- Se calcula el Contenido de Humedad de esa muestra utilizando los parámetros de peso de suelo seco y el peso de suelo húmedo, aplicando la siguiente ecuación:

$$P_s = \frac{P_{sh} - P_{ss}}{P_{ss}} \times 100$$

Donde:

$P_s$  = Porcentaje de humedad, %

$P_{sh}$  = Peso de suelo húmedo, gr.

$P_{ss}$  = Peso de suelo seco, gr.

De acuerdo al muestreo que se realizó en el Jardín Hidráulico del Depto. De Riego y Drenaje se obtuvieron los siguientes datos:

Peso de Suelo Húmedo = 120 gr.

Peso de Suelo Seco = 105 gr.

$$P_s = \frac{120 - 105}{105} \times 100$$

Ps =14 .2 %

#### CONCLUSION:

Para la medición de Humedad del Suelo, por medio del Método de Gravimétrico, se obtuvo un 14.2 % de Humedad, este parámetro permite poder calcular la lámina de agua que se va aplicar en un riego.

#### **2.2 METODOS INDIRECTOS:**

##### INTRODUCCION:

Estos métodos quizá no permitan obtener resultados tan exactos como los que se logran con el procedimiento de muestreo y secado, sin embargo cada día están siendo objeto de mejoramiento, de acuerdo a las características de cada uno de ellos.

Método del Tensiómetro, este método fue inventado por Richards y Gardner en el año de 1936., el tensiómetro es un equipo que mide directamente la tensión de humedad del suelo, el método se caracteriza por medir solamente pequeñas pérdidas de humedad, a la vez no las mide directamente, por lo que se deben de utilizar las curvas de retención de humedad, para conocer el nivel de humedad que existe en el suelo en ese momento.

Método del Dispersor de Neutrones, este método se basa en que el peso molecular de los neutrones es semejante al peso molecular del hidrógeno. El método se basa en la emisión de neutrones acelerados a gran velocidad que al ser emitidos son frenados por el agua y cuerpos del suelo produciéndose por lo tanto una coacción, regresando lentamente para ser registradas en un contador, de acuerdo a su principio, cuando es mayor la humedad

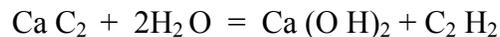
del suelo mayor es el número de neutrones registrados por el equipo, para lograr un buen funcionamiento el aparato debe estar posteriormente calibrado.

El Método de los Bloques de Yeso, el método está basado de manera fundamental, en la conductividad eléctrica de un sólido poroso como es el suelo, dependerá de la cantidad de agua que exista en él, para determinar el contenido de humedad consiste en instalar dos electrodos dentro de un bloque de yeso, este material poroso que al saturarlo y colocarlo en el suelo, a una profundidad determinada, permite que la humedad contenida dentro de éste se movilice hasta que se equilibre con la del suelo.

Al calibrar los bloques de yeso, se ha encontrado que la resistencia eléctrica varía de acuerdo a una función de tipo exponencial con la humedad del suelo, así se tiene que la capacidad de campo corresponde a una resistencia de 600 Ohms para los Bloques de Yeso marca BOUYOCOS.

En suelos salinos el material de los bloques de yeso se destruye rápidamente, debido a que el yeso es sensible a las sales contenidos en el suelo, dando resultados poco precisos, por lo tanto es mejor las de nylon o fibra de vidrio.

El Método de Medidor Rápido de Humedad "Speede", este es un método químico, el cual utiliza Carburo de Calcio., la cantidad de humedad reacciona con el Carburo de Calcio, produciendo un volumen específico de gas (acetileno). La reacción que se forma es la siguiente:



La presión del gas generado se observa en el manómetro localizado en un extremo del recipiente a presión, este recipiente debe ser previamente calibrado para que se pueda leer el porcentaje de humedad referida al peso de la muestra en húmedo.

Es posible calibrarlo respecto a peso de suelo seco, así mismo cabe aclarar que este aparato es utilizado para medir la humedad de diferentes materiales, como pueden ser zacates, heno y soca, líquidos, algodón, lana, rayón, polvos finos y arenas, etc.

## **PRACTICA No. 9**

### **METODO DEL TENSIOMETRO**

#### **INTRODUCCION:**

Este equipo ha sido utilizado ampliamente y se caracterizó por registrar las fluctuaciones de tensión cuando ésta no excede de 0.8 atmósferas. En el caso de que sea mayor, el aire penetra en el dispositivo de la capa porosa produciéndose incrementos de presión, lo cual hace que las mediciones pierdan precisión.

Aunque existen varios tipos de tensiómetros de diferentes materiales y manómetros de varias clases, el principio fundamental de funcionamiento es el mismo.

El tensiómetro, puede medir directamente la tensión de la humedad del suelo y consta esencialmente de una cápsula porosa colocada en un extremo, en el otro esta abierto y con un manómetro conectado por un lado.

Calibración del Aparato. El tubo se destapa quitando el tapón destornillando el manómetro, según sea el caso enseguida es llenado con agua completamente, para poder desalojar todo el aire que existe en él, al mismo tiempo se introduce la cápsula porosa en el agua hasta saturarla es tapada herméticamente, cuando se realiza lo anterior el manómetro debe de marcar cero. La mayoría de las escalas de los tensiómetros tienen graduaciones de 0 a 100 Centibares. (100 Centibares, es igual a un bar que es la unidad de presión y que es casi igual a una atmósfera estándar).

La tensión de humedad, debe disminuirse mediante el riego o por las precipitaciones, el sistema será llenado con agua antes de que funcione de nuevo.

Los tensiómetros, son ideales para utilizarse en los suelos arenosos, en donde llegan a utilizarse hasta el 89 % de la humedad aprovechable. En cambio en suelos arcillosos apenas cubre el 30 %, sin embargo, si se coloca a una profundidad adecuada, puede servir como indicador aún en los suelos arcillosos. Este equipo se puede utilizar también en los cultivos que requieren de riegos frecuentes .

Recomendaciones para su Instalación.

- Si el riego es por medio de surcos se debe colocarse lo más cerca del surco. En los cultivos de hileras se instalarán en las hileras y en los huertos se colocarán en los camellones.
- Se deben insertar en una perforación hecha previamente a un diámetro menor que el diámetro de la cerámica de manera que haga un buen contacto con las raíces y con el suelo.
- El equipo no debe exponerse a malos tratos.

- Después de su colocación se deberá dejar pasar 24 horas, de esta manera podemos lograr tener lecturas confiables. Si el suelo esta seco, es recomendable aplicar un riego antes de comenzar a tomar la lectura.

#### MATERIALES Y METODOS:

- Tensiómetro.
- Barrena.
- Botes de Aluminio con Tapa.
- Muestra.
- Estufa.

#### PROCEDIMIENTO:

1.- Se selecciona el lugar en donde se hará la instalación para realizar la práctica y se hace un hoyo a una profundidad deseada

2.-Enseguida se coloca un puño de tierra suelta en el fondo y se introduce el Tensiómetro presionándolo con fuerza.

3.- Debe asegurarse el contacto íntimo entre el agua del interior de la cápsula porosa y la existente en el terreno, de esta manera se podrá establecer un contacto temporal entre el agua existente y la que contiene la cápsula del tensiómetro.

4.- Sí después de colocar la cápsula en el suelo en la profundidad donde se desea conocer el contenido de humedad, el suelo se encuentra a saturación seguirá marcando cero, sin embargo al secarse el suelo, la cápsula va perdiendo humedad debido a que trata

de equilibrarse con la humedad del suelo y por lo mismo ejercerá una succión sobre la columna de agua que se marca en el manómetro según el valor de la succión.

5.- Una vez colocado el tensiómetro se procede a muestrear con la barrena, para poder determinar el Por ciento de humedad.

6.- Las lecturas se toman a cada 24 horas, hasta 0.6 atmósfera (60 cbs, en el tensiómetro), para mayor confiabilidad, la práctica se suspenderá al llegar a este valor.

7.- Se procede a graficar la tensión contra Por ciento de humedad de cada uno de los días de la elaboración de la práctica, enseguida se localizan los valores de Capacidad de Campo y Punto de Marchitez Permanente, que son proporcionados en laboratorio.

8.- Sobre el eje del Por ciento de humedad, una vez localizados se relacionan con el valor de la tensión.

De esta manera también se puede determinar cualquier abatimiento deseado.

De acuerdo a la realización de esta práctica para poder medir la humedad del suelo por medio del Tensiómetro, se obtuvieron los siguientes datos:

Fecha de riego.- 10 de Noviembre

Fecha de instalación.- 12 de Noviembre

Cultivo.- ajo

Profundidad.- 15 cm.

CALCULOS:

1.-

$P_{sh} = 53.9 \text{ gr.}$

$Tara = 25 \text{ gr.}$

$P_{ss} = 45.9 \text{ gr.}$

$$P_{sh} + T_{ara} = 78.9 \text{ gr.}$$

$$P_{ss} + T_{ara} = 70.9 \text{ gr.}$$

Lectura del Tensiómetro = 12.5 centibares.

$$P_w = \frac{53.9 - 45.9}{45.9} \times 100$$

$$P_w = 17.4 \%$$

2.-

$$P_{sh} = 46.3 \text{ gr.}$$

$$T_{ara} = 23.9 \text{ gr.}$$

$$P_{ss} = 41.4 \text{ gr.}$$

$$P_{sh} + T_{ara} = 70.2 \text{ gr.}$$

$$P_{ss} + T_{ara} = 65.3 \text{ gr.}$$

Lectura del Tensiómetro = 19.1 centibares.

$$P_w = \frac{46.3 - 41.4}{41.4} \times 100$$

$$P_w = 11.8 \%$$

3.-

$$P_{sh} = 55.4 \text{ gr.}$$

$$T_{ara} = 23.5 \text{ gr.}$$

$$P_{ss} = 50.2 \text{ gr.}$$

$$P_{sh} + T_{ara} = 78.9 \text{ gr.}$$

$$P_{ss} + T_{ara} = 73.7 \text{ gr.}$$

Lectura del Tensiómetro = 22 centibares.

$$P_w = \frac{55.4 - 50.2}{50.2} \times 100$$

$$P_w = 10.4 \%$$

4.-

$$P_{sh} = 39.5 \text{ gr.}$$

$$Tara = 27.3 \text{ gr.}$$

$$P_{ss} = 35.2 \text{ gr.}$$

$$P_{sh} + Tara = 66.8 \text{ gr.}$$

$$P_{ss} + Tara = 62.5 \text{ gr.}$$

Lectura del Tensiómetro = 28.2 centibares.

$$P_w = \frac{39.5 - 35.2}{35.2} \times 100$$

$$P_w = 12.2 \%$$

5.-

$$P_{sh} = 49.1 \text{ gr.}$$

$$Tara = 24.3 \text{ gr.}$$

$$P_{ss} = 45.8 \text{ gr.}$$

$$P_{sh} + Tara = 73.4 \text{ gr.}$$

$$P_{ss} + Tara = 70.1 \text{ gr.}$$

Lectura del Tensiómetro = 31 centibares.

$$P_w = \frac{49.1 - 45.8}{45.8} \times 100$$

$$P_w = 7.2 \%$$

6.-

$$P_{sh} = 53.0 \text{ gr.}$$

$$Tara = 23.5 \text{ gr.}$$

$$P_{ss} = 49.8 \text{ gr.}$$

$$P_{sh} + Tara = 76.5 \text{ gr.}$$

$$P_{ss} + Tara = 73.3 \text{ gr.}$$

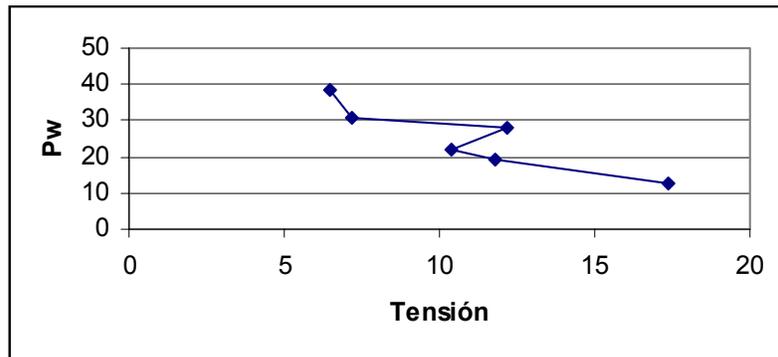
Lectura del Tensiómetro = 38.7 centibares.

$$P_w = \frac{53.0 - 49.8}{49.8} \times 100$$

$$P_w = 6.5 \%$$

**Cuadro 6** Datos obtenidos en el campo, para la medición de humedad del suelo, por medio del Método del Tensiómetro.

Tensión (Centibares)	P <sub>w</sub> (%)
12.5	17.4
19.1	11.8
22	10.4
28.2	12.2
31	7.2
38.7	6.5



**Gráfica 3** Curva característica de humedad que relaciona la tensión y la humedad del suelo.



**Figura 7** Medición de la humedad del suelo, por medio del Tensiómetro.

## CONCLUSION:

Para determinar la humedad de un suelo, por medio del método del Tensiómetro, se toman las lecturas con el instrumento en el campo, expresadas en Centibares y posteriormente se toman muestras para determinar el Peso de Suelo Seco y Suelo Húmedo para obtener el Porcentaje de humedad, para poder graficar

Los tensiómetros, son muy usuales para los suelos arenosos en donde se tienen un 89 % de humedad aprovechable y para los suelos arcillosos un 30 % de humedad y se puede decir que este instrumento se puede utilizar en cultivos que requieran de riegos frecuentes.

## **PRACTICA No.10**

### **METODO DE DISPERSOR DE NEUTRONES.**

#### **INTRODUCCION:**

Este método se basa en el hecho de que los átomos de hidrógeno tienen una capacidad mayor para frenar y dispersar neutrones rápidos que la mayoría de los demás átomos del suelo, de tal manera que el conteo de neutrones frenados en la proximidad de una fuente de neutrones rápidos (fuente radioactiva) proporciona un medio para calcular el contenido de hidrógeno.

Por otra parte debido a que la única fuente significativa de hidrogeno en los suelos es el agua de los mismos, la técnica proporciona un medio conveniente para calcular el contenido hídrico del suelo. En suelos con elevada densidad de raíces o altos niveles de residuos orgánicos, la cantidad de hidrógeno orgánico puede afectar los cálculos. Sin embargo, la cantidad suele ser suficientemente baja comparada con el hidrógeno del suelo.

El instrumento comprende una sonda, que por lo general contiene una fuente radioactiva que emite neutrones rápidos y un detector de neutrones lentos o desacelerados, conectados por medio de un amplificador a un medidor portátil.

Para efectuar las mediciones en el suelo, la sonda se desciende por un tubo de acceso de aluminio o de plástico y se miden los conteos medios de neutrones desacelerados a las profundidades o estratos deseados, estos conteos son estandarizados con respecto a los que se obtienen con una referencia. La relación entre los conteos medios y el conteo estándar se le denomina relación de conteo.

$$\text{Relación de Conteo} = \frac{\text{Conteo} - \text{medio}}{\text{Conteo} - \text{estandar}}$$

La calibración se realiza expresando el contenido volumétrico de humedad en el suelo en función de la relación de conteo.

#### METARIALES Y METODOS:

- Dispensor de Neutrones marca Troxler modelo 3320.
- Tubos de Aluminio de 2 pulg.
- Barrena de Caja de 2 pulg.
- Cinta Métrica.
- Cajas de Aluminio.
- Estufa.

Características de instalación del Dispensor de Neutrones. Es básico el realizar una buena instalación del equipo ya que pueden ocurrir errores en la medición de la humedad, por lo tanto hay que tomar en cuenta lo siguiente:

1.- El Dispensor de Neutrones, consta de una sonda radioactiva y de un medidor, en la parte frontal y superior del medidor se encuentran dos botones de giro, tres botones de presión y una pantalla digital.

2.- El botón de giro colocado a la derecha sirve para controlar los tiempos de medición, en este caso dispone de tres tiempos de 4 minutos para poder efectuar el conteo estándar, de 1 minuto y de 30 segundos para los conteos medios. El botón de giro colocado a la parte izquierda sirve para controlar diversas funciones que serán mostradas en la pantalla, estas son las siguientes:

STD-COUNT, representa el conteo estándar o de la referencia que realiza la sonda dentro de la caja y debe efectuarse antes de iniciar las mediciones.

MEAS-COUNT, es el conteo medio realizado a diferentes profundidades del suelo.

COUNT-RATIO, es la relación de conteo o la división  $\text{STD-COUNT/MEAS-COUNT}$ .

$\text{Lb/ft}^3$ ,  $\text{in/ft}$ ,  $\text{mm/m}$ ,  $\text{cm/m}$ ,  $\text{Kg/m}^3$ , y porcentaje de volumen, esta indica el contenido de humedad medido por el aparato según una calibración de fábrica y representan libra por pie cúbico, pulgada por pie, milímetro por metro, centímetro por metro, kilogramo por metro cúbico y porcentaje de humedad en volumen respectivamente.

ZERO, SLOPE, Son funciones que permiten corregir la calibración de fábrica a la calibración obtenida en el campo y representan los valores de la ordenada al origen y la pendiente de la recta. En el caso de la calibración de fábrica les corresponden valores de cero y uno (recta de  $45^\circ$ ).

Los botones de presión representan lo siguiente:

START, este botón debe presionarse cada vez que se efectúe una medición.

INC-DEC, son utilizados para corregir numéricamente los valores de la ordenada al origen y la pendiente, con los valores obtenidos en la calibración de campo.

Calibración del Aparato, Para un suelo determinado se requiere que se realicen a la vez mediciones de la relación de conteo y Porcentaje de volumen con el dispersor de neutrones y contenidos de humedad volumetricos determinados por el método gravimetrico. Es necesario que se cubra un amplio rango de contenidos de humedad (entre Capacidad de Campo y Punto de Marchitez Permanente). Existen dos modelos que pueden ser utilizados para poder realizar la calibración del aparato:

1.- Un polinomio de tercer orden.

$$P_{V_{\text{real}}} = Of + S (A_0 + A_1RC + A_2RC^2 + A_3RC^3).$$

Donde:

$P_{V_{\text{real}}}$  = Porcentaje de humedad volumétrica determinada por el método gravimétrico.

Of = Ordenada al origen (valor cero de fábrica).

S = Pendiente (valor de uno de fábrica).

RC = Relación de conteo.

2.- Una ecuación lineal.

$$P_{V_{\text{real}}} = Of + S P_{V_{\text{teórico}}}$$

Donde:

$P_{V_{\text{teórico}}}$  = Porcentaje de humedad volumétrica medido por el dispersor (% Vol).

PROCEDIMIENTO:

- 1.- Selección de un terreno previamente.
- 2.- Se introducirán cuatro tubos de aluminio de 2 pulg, hasta un metro de profundidad dejando al exterior de 20 a 30 cm, de tubo para instalar el dispersor.

3.- Se colectan las muestras de suelo por estratos a cada 20 cm, de cada tubo, ha estas muestras se les determinara el contenido de humedad gravimétrico y se calcula el contenido volumétrico multiplicando por la densidad aparente.

4.- Las mediciones con el dispersor de neutrones se efectuaron posteriormente a las mismas profundidades de muestreos y después de la toma de muestras de humedad.

5.- La fuente radioactiva debe ser colocada a la mitad del estrato muestreado.

6.- La profundidad de las lecturas será medido en el cable la profundidad de la primera lectura la cual se obtendrá de la siguiente manera:

$$P = h_{\text{tubo}} + 8 \text{ cm.} + P_{\text{deseada}}$$

Donde:

P = Profundidad.

h = Altura del Tubo.

$P_{\text{deseada}}$  = Profundidad deseada (centro del primer estrato).

De acuerdo a los datos obtenidos en las lecturas del Dispersor de Neutrones a diferentes mediciones, se determina el Porcentaje de Humedad, la Relación de Conteo y el Porcentaje de humedad real, por medio de la regresión lineal se tienen los siguientes datos:

**Cuadro 7** Datos del Dispensor de Neutrones, para el 04 de Febrero de 1999. Cultivo de Guayule, tratamiento P-1 y con una calibración de 769.

Estrato (cm)	Conteo	Pv teórico (%)	No. Bote	Psh+Bote (gr.)	Pss+Bote (gr.)	Bote (gr.)	Psh (gr.)	Pss (gr.)	Pw (%)
0-20	76	2.7	3	186.9	180.3	36.98	149.92	143.32	4.61
20-40	231	10.6	8	192.6	180.5	37.38	155.22	143.12	8.45
40-60	302	14.2	7	197.2	181.5	37.01	160.19	144.49	10.87
60-80	319	15.1	11	154.4	141.3	36.64	117.76	104.66	12.52
80-100	357	17.1	21	195	176.4	36.89	158.11	139.51	13.33

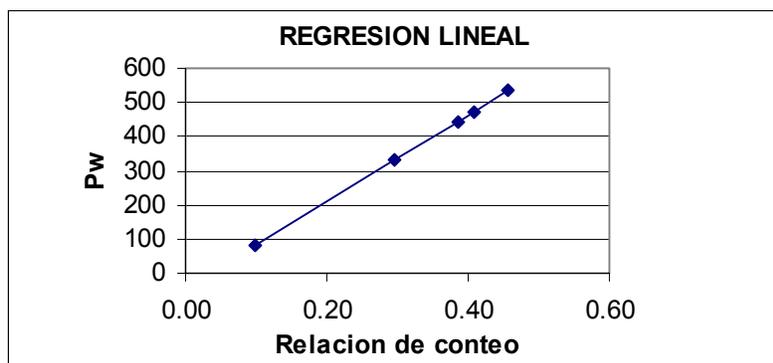
Estrato (cm)	Conteo	Rel. Conteo	Pw (%)	Pv teórico (%)	Pv real = Of+S*Pv teórico (%)
0-20	76	0.10	4.61	2.7	83.727
20-40	231	0.30	8.45	10.6	331.076
40-60	302	0.39	10.87	14.2	443.792
60-80	319	0.41	12.52	15.1	471.971
80-100	357	0.46	13.33	17.1	534.591

Coefrcuad = 0.96

Of= Inters eje = -0.81

S= Pendiente

= 31.31



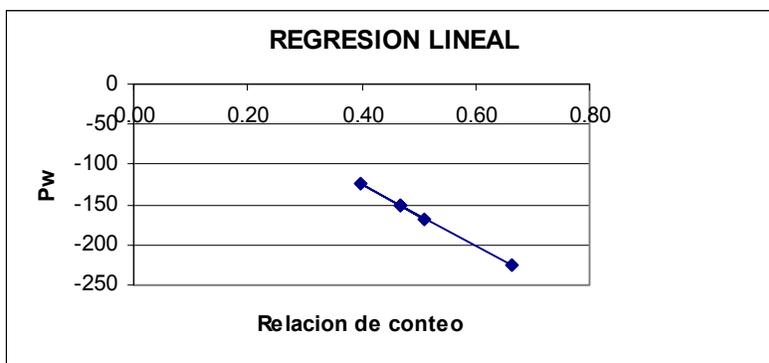
**Gráfica 4** Regresión Lineal para el Tratamiento P-1

**Cuadro 8** Datos del Dispensador de Neutrones, para el 15 de Febrero de 1999. Cultivo de Guayule, tratamiento P-5-1 y con una calibración de 782.

Estrato (cm)	Conteo	Pv teórico (%)	No. Bote	Psh+Bote (gr.)	Pss+Bote (gr.)	Bote (gr.)	Psh (gr.)	Pss (gr.)	Pw (%)
0-20	520	25.3	0	102.4	96	37.49	64.91	58.51	10.94
20-40	365	17.4	5	103.8	97.8	37.12	66.68	60.68	9.89
40-60	399	19.2	9N	95.7	89.5	36.56	59.14	52.94	11.71
60-80	311	14.7	9R	112.2	102.9	37.07	75.13	65.83	14.13
80-100	367	17.5	13	117.1	107.5	38.09	79.01	69.41	13.83

Estrato (cm)	Conteo	Rel. Conteo	Pw (%)	Pv teórico (%)	Pv real = Of+S*Pv teórico (%)
0-20	520	0.66	10.94	25.3	-226.213
20-40	365	0.47	9.89	17.4	-150.294
40-60	399	0.51	11.71	19.2	-167.592
60-80	311	0.40	14.13	14.7	-124.347
80-100	367	0.47	13.83	17.5	-151.255

Coef rcuad = 0.27      Of= Inters eje = 16.92      S= Pendiente = -9.61



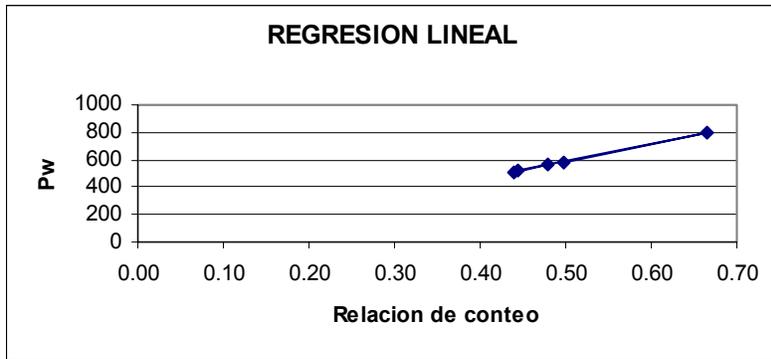
**Gráfica 5** Regresión Lineal para el Tratamiento P-5-1

**Cuadro 9** Datos del Dispensador de Neutrones, para el 15 de Febrero de 1999. Cultivo de Guayule, tratamiento P-5-2 y con una calibración de 782.

Estrato (cm)	Conteo	Pv teórico (%)	No. Bote	Psh+Bote (gr.)	Pss+Bote (gr.)	Bote (gr.)	Psh (gr.)	Pss (gr.)	Pw (%)
0-20	390	18.7	31	98.3	85.6	28.15	70.15	57.45	22.11
20-40	521	25.4	29	106.7	94.6	41.3	65.4	53.3	22.70
40-60	348	16.5	104	98.4	89.2	36.94	61.46	52.26	17.60
60-80	343	16.3	107	103.8	95.2	37.45	66.35	57.75	14.89
80-100	375	17.9	109	106.3	97.5	37.44	68.86	60.06	14.65

Estrato (cm)	Conteo	Rel. Conteo	Pw (%)	Pv teórico (%)	Pv real = Of+S*Pv teórico (%)
0-20	390	0.50	22.11	18.7	583.978
20-40	521	0.67	22.70	25.4	792.616
40-60	348	0.45	17.60	16.5	515.47
60-80	343	0.44	14.89	16.3	509.242
80-100	375	0.48	14.65	17.9	559.066

Coef rcuad = 0.80      Of= Inters eje = 1.66      S= Pendiente = 31.14



**Gráfica 6** Regresión Lineal para el Tratamiento P-5-2



**Figura 8** Dispensador de Neutrones, para la medición de la humedad del suelo.

## CONCLUSION:

Para la Medición de la Humedad del Suelo por medio del Método de Dispensor de Neutrones para este método, se puede concluir que es uno de los métodos más precisos para determinar el Porcentaje de Humedad de los suelos, así mismo se muestra una mayor superficie.

En la determinación del Porcentaje de Humedad, utilizando el dispensador de Neutrones se tiene que en el cultivo de Guayule, para el Tratamiento P-1, con una calibración estándar de 769, el valor de origen es negativo con  $-0.81$  y la pendiente de  $31.31$  con la toma de 5 lecturas con una profundidad de 20 cm, cada una de ellas y al elaborar la regresión lineal, esta tiende a aumentar la humedad, que a mayor profundidad es mayor la humedad del suelo.

Para el Tratamiento P-5-1, se tiene  $16.92$  para el valor de origen y la pendiente de  $-9.61$ , con una calibración estándar de 782, con 5 mediciones de 20 cm, cada una y se obtiene que el % de humedad  $P_{v_{real}}$  es un valor negativo al realizar la regresión lineal. Para el Tratamiento P-5-1-2, con una misma calibración que la anterior ;se obtuvieron como

valor de origen 1.66 y 31.14 de pendiente y al realizar la regresión lineal se obtuvieron resultados positivos.

## **PRACTICA No. 11**

### **METODO DE BLOQUES DE YESO.**

#### **INTRODUCCION:**

El medidor de Resistencia eléctrica, para medir la humedad del tipo BN-2B y los bloques de yeso CEL\_WFD, son el resultado de más de 15 años de investigación, este fue desarrollado por el Prof. George Bouyoucos, del Departamento de la Ciencia del Suelo de la Universidad del Estado de Michigan.

El medidor de humedad BN-2B, utiliza un transmisor en lugar de tubos de vacío para asegurar mayor duración de las baterías secas con las cuales opera. El uso de corriente alterna y no de corriente directa elimina los errores que pueden ser causados por polarización y electrólisis.

Dentro del Bloque de Yeso o plástico de París, están empotrados dos electrodos de malla fina de acero inoxidable especialmente tratados. Este tipo de bloque cuando es

enterrado en el suelo absorbe humedad y la libera aproximadamente a la misma velocidad de proporción absorbida o cedida por el suelo, los electrodos de malla eliminan las corrientes aisladas en el suelo circunvecino.

La resistencia eléctrica del bloque varía con su contenido de humedad el cual debe estar en equilibrio con el contenido de humedad del suelo. Cuando el bloque esta húmedo su resistencia es baja y conforme se seca, la resistencia se incrementa. De acuerdo a su principio, el contenido de humedad del suelo es determinado indirectamente por la medición de la resistencia eléctrica del bloque enterrado en el suelo.

La correlación que existe entre la resistencia eléctrica y la humedad del suelo, sirve de base para graduar la doble escala que aparece sobre la carátula del medidor BN-2B, donde se relaciona “ directamente ” la resistencia eléctrica contra “ Por ciento de humedad disponible ”.

El mantenimiento, es la única atención que requiere el medidor del BN-2B, es el reemplazamiento de las baterías, este es necesario cuando no se puede mover la aguja del medidor a la posición “CAL”, mediante el giro del botón de ajuste. Para que funcione son necesarios dos baterías para instalarlas se remueve los cuatro tornillos de las esquinas del panel y levante el instrumento de la caja. Coloque las nuevas baterías exactamente en la misma posición en que estaban utilizadas. El medidor no operará a menos que las baterías estén adecuadamente instaladas, si el instrumento no va ha ser utilizado por un tiempo, las baterías deberían ser removidas.

El Bloque CEL\_WFD, es de nylon impregnado (mediante un proceso patentado) para asegurar una duración adicional bajo las condiciones normales. La vida útil llega alcanzar hasta cinco años de servicio continuo donde han sido obtenidos con éste tipo de bloque, cuando los bloques son removidos del suelo, deben ser lavados, secados y

almacenados hasta su rehuso, si el yeso esta agrietado, quebrado o notablemente disuelto, debe ser descartado.

Uso del Medidor de Humedad del Suelo BN-2B. Cada bloque que sea enterrado en el suelo debe tener sus alambres extendidos hasta la superficie e identificado de acuerdo a la profundidad. Para leer la resistencia eléctrica del suelo o su correspondiente “Porcentaje de humedad disponible”, el siguiente procedimiento debe ser seguido:

1.- Conecte las terminales de los alambres del bloque en los postes de contacto sobre el panel del medidor.

2.- Presione el botón marcado “PRESS TO CAL”.

3.- Gire el botón “CAL” de la izquierda hasta que la aguja del medidor esté sobre la línea “CAL” a la derecha, al final de la escala. Este es el punto de calibración del instrumento y la aguja debe siempre ser llevada a éste punto antes de tomar una lectura.

4.- Presione los dos botones “PRESS TO READ” y “PRESS TO CAL”, y lea la escala del medidor cuando la aguja se detenga.

5.- El medidor de humedad BN-2B, se apaga automáticamente cuando el botón “PRESS TO CAL” es liberado.

#### Selección del Sitio para la Instalación de los Bloques de Yeso, (CEL – WFD)

Los Bloques deben localizarse e instalarse adecuadamente para asegurar una medición exacta y confiable de la humedad. Las instrucciones deben seguirse muy cuidadosamente estas son:

- Seleccione un sitio representativo en cada campo de estudio, el punto elegido no debe estar muy seco o permanecer húmedo por más tiempo que la mayor parte del campo. Sí en el área donde las pruebas son deseadas existen diferencias marcadas de suelo y

subsuelo, entonces será necesario localizar bloques en cada una de éstas secciones y promediar las lecturas.

- Localice los bloques en la zona radicular, explorando el volumen de suelo donde la mayor parte de la absorción de agua por las plantas se lleva acabo.
- Es aconsejable enterrar en cada sitio varios bloques a diferentes profundidades para obtener una verdadera apreciación del patrón de extracción de humedad.

Para un cultivo de raíces superficiales como la lechuga o el apio, un bloque puede ser colocado entre 4 y 6 y otro quizás entre 10 y 16 Pulgadas.

Para plantas de raíces profundas como el Algodón, Alfalfa o el Manzano, los bloques debe ser colocados a 8, 14, 24 y hasta de 36 pulgadas, como se indica en el siguiente cuadro.

**Cuadro 10** Profundidad de Enterrado de los Bloques de Yeso, para diferentes Cultivos.

Sistema Radicular.	Cultivos.	Sistema Radicular.	Cultivos.
Superficial 4'' - 10''	Flores anuales Cebolla Rábano Perejil	Muy profundo 8'' - 14'' - 24''	Alfalfa Algodón Vid Papa Tomate Espárragos
Medio 6'' - 12''	Apio Lechuga Trigo Cebada Avena	Otros (*) 8'' - 16'' - 24''	Cítricos Manzano Durazno Peral Ciruelo Lópulo
Profundo 6'' - 12'' - 18''	Frijol Maíz Sorgo		

	Pepino		
	Pastos		
	Tabaco		
	Brócoli		

Instalar de 8 a 16 pulgadas en la base del tronco y 24 a 36 pulgadas entre el tronco y la línea de sombreo.

Existen dos métodos sugeridos para el enterrado de los bloques, dependiendo de su empleo intentando que puede ser para calendarizar el riego normal o para fines de investigación.

El primer método, es usado en la operación normal de la irrigación o en donde los campos son periódicamente disturbados por el barbecho, rastreo y otros implementos de la labranza, para la cual hay que considerar lo siguiente:

- Para enterrar los bloques, cave un hoyo con una barrena de caja, pala, pocera y/o otras herramientas, el suelo extraído debe conservarse en orden, de tal forma que pueda ser restituido casi en su posición original. Los terrones o suelo compactado deben ser desmenuzados y las grandes piedras desechadas, al llegar a la profundidad deseada, el fondo del hoyo debe aplanarse y apisonarse ligeramente con un barrote de madera de 2 x 2 pulgadas.
- Coloque suelo suelto sobre el fondo apisonado antes de la instalación del bloque.
- Coloque el Bloque húmedo encima del suelo suelto, afirmelo y luego añada un poco de suelo sobre el bloque, de nuevo apisoné y añada más suelo, durante el apisonado evite dañar el bloque.

Un bloque encima de otro puede ser enterrado a varias profundidades en cualquier sitio, siguiendo las instrucciones para el apisonado y la colocación de ellas, las cuales deben

ser repetidas para cada bloque. Ninguna depresión debe dejarse sobre la superficie donde se pudiera concentrar el agua inmediatamente por encima de los bloques enterrados.

Las terminales deben llevarse hasta la superficie y ser colocadas en algún punto conveniente donde no interfieran con las operaciones de labranza, también es necesario marcar los alambres con pequeñas etiquetas de color que indiquen la profundidad a la cual cada bloque está colocado, la placa al reverso del medidor puede ser utilizado como guía para las etiquetas coloreadas.

En el segundo método, el enterrado de los bloques puede ser usado en estaciones de medición permanente donde se desea mantener el suelo inalterado o en su condición natural; las estaciones de este tipo son usadas para la medición de humedad en cuencas, agostaderos, bosques, estudios de nevadas y otras investigaciones.

En lo general se aplica el mismo método de excavación descrito anteriormente, sin embargo durante la instalación del bloque se usa un cuchillo, navaja o algún otro instrumento cortante para realizar un segundo hoyo más pequeño sobre la pared del hoyo principal a la profundidad deseada, procurando hacer el hoyo del tamaño del bloque.

Posteriormente se introduce el bloque dentro de la ranura, presionando para asegurar un buen contacto del suelo sobre todas las caras del bloque. Después se rellena la ranura lateral tan densamente como sea posible, finalmente se pasa a rellenar el hoyo principal en la misma forma descrita para el método número uno.

Con los bloques instalados a diferentes profundidades la humedad disponible en la zona radicular es conocido el porcentaje exacto de humedad disponible al cual debe iniciarse la irrigación, dependiendo a la vez del clima, cultivo y suelo pero como regla general se aplica el riego tan pronto como la humedad disponible cae por abajo del 50 por ciento.

En suelos arenosos, cuya reserva de agua disponible, es baja pueden requerir la irrigación antes de que el medidor marque un 50 por ciento, por otra parte los suelos arcillosos cuya reserva es relativamente alta pueden necesitar ser irrigados hasta que la lectura del medidor sea considerablemente menor al 50 por ciento o tan baja como un 20 por ciento.

Los suelos francos y franco-arenosos son irrigados en el rango del 30 a 40 por ciento de humedad disponible.

Con base a una serie de estudios se han determinado las lecturas del medidor indicando las necesidades de irrigar en suelos de acuerdo a las diferentes texturas como se indica en el cuadro (10).

**Cuadro 11** Lecturas del Medidor a Diferentes Texturas.

Textura de Suelo.	Lectura del Medidor.
Arena.	75 %
Arenas Francosas.	62 %
Franco Arenoso.	50 %
Franco Arenoso Fina.	46 %
Franco Arenoso Muy Fina.	43 %
Franco.	40 %
Franco Limoso.	30 %
Franco Arcilloso.	27 %
Franco Arcillo Limoso y Arenoso.	25 %

Es importante continuar la irrigación hasta que el medidor marque 95-100%, de humedad disponible a la profundidad del Bloque deseado.

Los efectos de la sobreirrigación son tan perjudiciales para los cultivos como la subirrigación, por lo tanto las lecturas del medidor deben hacerse periódicamente durante la irrigación para determinar cuando debe recuperarse el humedecimiento, cuando los bloques indiquen suficiente humedad disponible a través de la zona radicular, la irrigación debe ser suspendida.

Así mismo cuando el cultivo está en su etapa crítica de su desarrollo y el clima es caliente, las lecturas deben ser tomadas diariamente conforme el suelo se seca ya que la pérdida de humedad es muy alta bajo estas condiciones. Esto es necesario en suelos arenosos donde la reserva de humedad es mínima.

#### MATERIALES Y METODOS:

- Bloques de Resistencia Eléctrica.
- Barrena.
- Botes de Aluminio con Tapa.
- Muestra.
- Estufa.
- Medidor de Resistencia.

#### PROCEDIMIENTO:

- 1.- Primeramente se satura un bloque por 24 horas en agua destilada.
- 2.- Se calibra el aparato.
- 3.- En seguida se oprime el botón de “CAL” para la calibración.

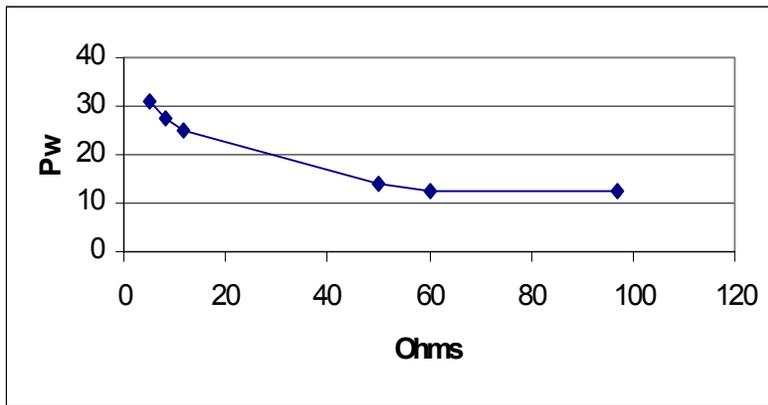
- 4.- Se asegura que la aguja marque cero.
- 5.- El bloque deberá estar bien saturado.
- 6.- Posteriormente se toman las lecturas que indica el medidor de resistencia eléctrica.
- 7.- Se obtendrán muestras para poder determinar su Porciento de Humedad.
- 8.- De acuerdo a los datos obtenidos se elabora la curva de Calibración.
- 9.- Se determina los parámetros de Capacidad de Campo y Punto de Marchitez Permanente, en base a la curva característica de humedad.
- 10.- Se gráfica las lecturas de Resistencia en Ohms, contra Porciento de Humedad, localizando en la curva los valores de Capacidad de Campo y Punto de Marchitez Permanente.
- 11.- En base a los valores de Porciento de Humedad para Capacidad de Campo y Punto de Marchitez Permanente, será posible localizar cualquier abatimiento de la humedad disponible por medio de un valor en resistencia eléctrica en Ohms.

De acuerdo a la práctica realizada donde se utilizo los bloques de yeso, se obtuvieron los siguientes datos.

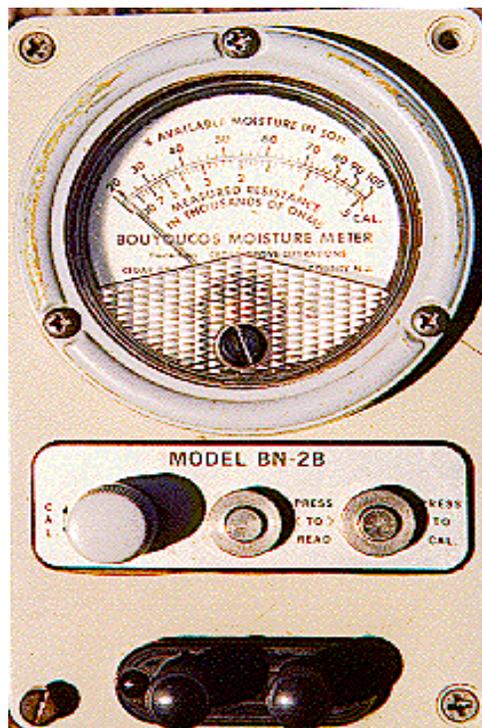
**Cuadro 12** Datos obtenidos por medio de el medidor de Resistencia Eléctrica.

Lectura. (Ohms)	Psh (gr.)	Pss (gr.)	Pw (gr.)
5			30.9
8.4	64.9	50.8	27.7

11.6	66	52.7	25.2
50	15.4	13.5	14.0
60	89.6	79.5	12.7
97			12.4



**Gráfica 7** Curva de Abatimiento.



**Figura 9** Medidor de Resistencia Eléctrica, para la medición de humedad del Suelo (BN-2B).

CONCLUSION:

Se concluye que la resistencia eléctrica, es una medida de la humedad disponible en el suelo, los datos obtenidos, se pueden aplicar única y exclusivamente al terreno en estudio. El método es práctico ya que el único trabajo es la construcción de la curva de abatimiento; posteriormente solo es necesario colocar los blocks y hacer lecturas; la curva de Porcentaje de Humedad contra el tiempo también puede ser un auxiliar para este caso y lo más importante es que por medio de estos aparatos calibrados podemos estimar los momentos de riego.

Este aparato al igual que el tensiómetro tiene como principal finalidad la de estimar los abatimientos de humedad en nuestros cultivos de manera rápida y precisa, con la aclaración de que el rango de acción del bloque, es mucho más amplio que el del tensiómetro

En la realización de esta práctica se obtuvo un valor para la Capacidad de Campo de 30.9 por ciento de Humedad. y a Punto de Marchitez Permanente con un dato de 12.4 por ciento de humedad.

### **3 MOVIMIENTO DEL AGUA EN EL SUELO.**

#### **3.1 VELOCIDAD DE INFILTRACION.**

##### **INTRODUCCION:**

La infiltración, es la entrada vertical del agua en el perfil del suelo. El conocimiento de la infiltración es importante para seleccionar los sistemas de riego adecuados para un determinado suelo, así como para su diseño; Tenemos que la longitud del recorrido del agua en relación con la pendiente y el flujo disponible en un sistema de aplicación por gravedad y la ruta máxima de agua permisible.

Otro caso importante en el conocimiento de la infiltración, permite evaluar la lluvia efectiva infiltrada y el escurrimiento causado por la lluvia de máxima intensidad en la ecuación racional para el diseño de terrazas.

Existen dos métodos para aplicar el agua a la superficie del suelo y determinar su infiltración estos son:

- Lluvia artificial que trata de simular la distribución del tamaño de las gotas y la velocidad terminal de la lluvia natural, el rociador de tipo F del laboratorio de Hidráulica del Buró Nacional de los EE.UU., se usa comúnmente para este fin.
- La aplicación por medio de la inundación, esto representa en un área de suelo y consiste en saturarla para realizar la prueba de infiltración esta es realizada mediante los cilindros infiltrometros y el método de entradas y salidas.

## **PRACTICA No.12**

### **METODO DE LOS CILINDROS INFILTROMETROS**

#### **INTRODUCCION:**

Este método ha sido uno de los más comúnmente utilizados en la actualidad, es conveniente que la prueba de infiltración por medio de inundación se realice utilizando un sistema de anillos concéntricos. Pero su determinación de infiltración pueden efectuarse en el laboratorio, sobre muestras alteradas y/o inalteradas o siguiendo algunos de los métodos de campo.

Este método es recomendable para la determinación de la velocidad de Infiltración, para el diseño y evaluación de métodos de riego por inundación total y consiste en usar un par de cilindros metálicos huecos de dimensiones variables 40 a 60 cms, de largo y 30 a 40 cms, de diámetro

Generalmente la velocidad de infiltración, es máxima al comenzar la práctica, pero se reduce y tiende a estabilizarse con el tiempo. La humedad inicial del perfil del suelo la afecta, cuanto más seco esté el suelo mayor es la infiltración, por eso es útil disponer de valores de infiltración de suelo seco y de suelo mojado, hasta alcanzar un valor más o menos constante que pueda ser alcanzado en algunas horas o en ocasiones hasta en algunos días dependiendo del tipo de suelo, a este valor se le denomina "infiltración básica o velocidad de infiltración".

#### MATERIALES Y METODOS:

- 2 Cilindros (Interior y Exterior).
- Regla de 30 cm.
- 2 Probetas graduadas de 1 000 mm.
- Cubetas.
- Plancheta para hacer penetrar los cilindros en el suelo.
- Agua.
- Cronómetro.

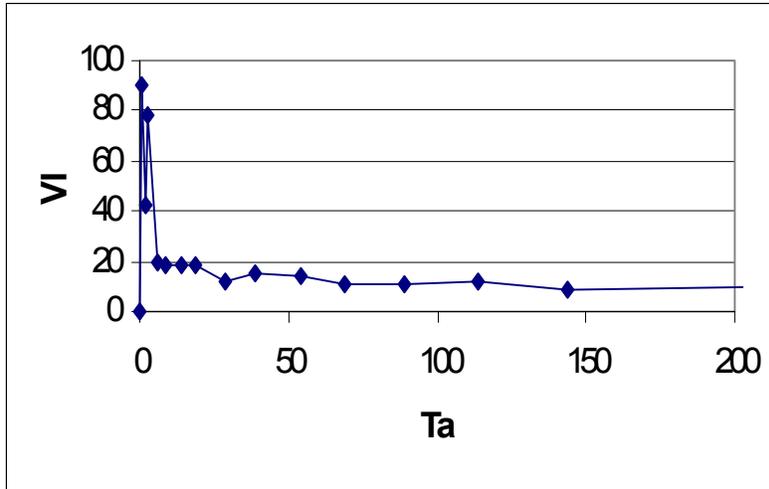
## PROCEDIMIENTO:

- 1.- La prueba debe hacerse en lugares representativos de la parcela.
- 2.- En el terreno se introducen los cilindros a una profundidad de 10 a 25 cms, procurando no modificar la estructura del suelo, en el cilindro interior se colocará una regla de tal forma que la numeración en cero coincida con la superficie de suelo.
- 3.- Enseguida se toma la hora del inicio de la práctica y se agrega rápidamente el agua al cilindro interior, a una altura aproximada de 10 cms, o más, ya que la cantidad de agua no influye en la velocidad de infiltración.
- 4.- Es necesario mantener una cantidad de agua constante en el cilindro exterior, esta sirve para facilitar el mojado del borde del suelo bajo estudio en el anillo interior, esto reduce los errores que pueden surgir si un borde de suelo seco provoca el flujo horizontal del agua que penetre en el suelo al cilindro interior.
- 5.- Tome los datos de tiempo y laminas de infiltración a través de lo que dure la prueba.
- 6.- Si es necesario rellenar nuevamente el cilindro interior, tome la nueva lectura con tiempo y lamina de agua y continúa el procedimiento hasta concluirlo.
- 7.- Con los datos obtenidos calcule la Velocidad de Infiltración.
- 8.- Grafique los datos de Velocidad de Infiltración contra tiempo.
- 9.- Grafique los valores de Velocidad de Infiltración y tiempo en papel Logarítmico.

Los modelos propuestos para determinar la Velocidad de Infiltración y la Infiltración acumulada, se indica a continuación:



12:15	1	1	23.5	1.5	90.0	1.5	0	1.954	0	3.818	0
12:16	2	1	22.8	0.7	42.0	2.2	0.301	1.623	0.090	2.634	0.488
12:17	3	1	21.5	1.3	78.0	3.5	0.477	1.892	0.227	3.579	0.902
12:20	6	3	20.5	1.0	20.0	4.5	0.778	1.301	0.605	1.692	1.012
12:23	9	3	19.6	0.9	18.0	5.4	0.954	1.255	0.910	1.575	1.197
12:28	14	5	18.5	1.1	18.2	6.5	1.146	1.260	1.313	1.587	1.443
12:33	19	5	17.0	1.5	18.0	8.0	1.278	1.255	1.633	1.575	1.603
12:43	29	10	15.0	2.0	12.0	10.0	1.462	1.079	2.137	1.164	1.577
12:53	39	10	25.0								
			22.4	2.6	15.6	12.6	1.591	1.193	2.531	1.423	1.898
13:08	54	15	19.0	3.04	13.6	16.0	1.732	1.133	2.999	1.283	1.962
13:23	69	15	16.3	2.07	10.8	18.7	1.838	1.033	3.378	1.067	1.898
13:43	89	20	12.8	3.05	10.5	22.2	1.949	1.021	3.798	1.042	1.989
14:08	114	25	25.0								
			19.8	5.2	12.4	27.4	2.056	1.093	4.227	1.194	2.247
14:38	144	30	15.5	4.3	8.6	31.7	2.158	0.934	4.656	0.872	2.015
15:38	204	60	25.0								
			15.0	10.0	10.0	41.7	2.309	1.0	5.331	1.0	2.039
					T =		20.029	19.02	33.835	25.505	22.27
					P =		1.251	1.189	2.114	1.594	1.391



**Gráfica 8** Curva de Velocidad de Infiltración.



**Figura 10** Método de los Cilindros Infiltrómetros, para calcular la velocidad de Infiltración.

## CONCLUSION:

El valor de Infiltración Básica, es fácilmente conocido y varia aproximadamente  $\pm$  10 %, el valor de infiltración básica, es única y exclusivamente para ese tipo de suelo.

El método de los Cilindros Infiltrómetro, es básico, puesto que no se modifica la estructura del suelo.

Este parámetro es uno de los importantes para poder realizar el diseño de un sistema de riego.

En esta práctica se tuvo que la Velocidad de Infiltración al Iniciar el proceso fue muy alto y como fue aumentando el tiempo de observación fue cada vez más bajo, hasta alcanzar su infiltración básica.

## PRACTICA No. 13

### METODO DE ENTRADAS Y SALIDAS

#### INTRODUCCION:

Esta prueba se utiliza para determinar la Infiltración del suelo en el riego por surcos, debido que éstos son considerados esencialmente como canales de secciones pequeñas, el agua se infiltra gradualmente a lo largo del recorrido, para poder medir la Velocidad de Infiltración en el campo utilizando el Método de Entradas y Salidas es necesario utilizar los equipos aforadores conocidos como Parshall.

Para conocer la Velocidad de Infiltración por medio del Método de Entradas y Salidas se utiliza la siguiente ecuación:

Velocidad de Infiltración:

$$VI = \frac{L}{t}$$

Lamina acumulada:

$$L = \frac{V_{\text{inf}}}{As}$$

Volumen infiltrada:

$$V_{\text{inf}} = (Q_1 - Q_2)t$$

Area de Prueba:

$$As = La * b$$

Velocidad de Infiltración:

$$VI = \frac{(Q_1 - Q_2)t}{La * b}$$

Donde:

VI = Velocidad de Infiltración, cm/hr.

Vinf = Volumen Infiltrado, cc.

As = Area de Prueba, cm<sup>2</sup>

Q<sub>1</sub> = Gasto de Entrada, LPS.

Q<sub>2</sub> = Gasto de Salida, LPS.

t = Tiempo, hr.

L = Lámina, cm.

La = Longitud del surco, cm.

b = Ancho del Surco, cm.

#### MATERIALES Y METODOS.

- Sifones.
- Regla de 50 cm..
- Cronómetros.
- Estructuras Aforadores de Parshall.

#### PROCEDIMIENTO:

- 1.- Se selecciona el área de prueba y se trazan los surcos.
- 2.- Posteriormente se colocan estructuras aforadoras en el tramo de prueba identificando el inicio y el final.
- 3.- Se aplica un gasto constante, utilizando sifones debidamente calibrados.

4.- En seguida con los datos obtenidos y de acuerdo al principio, se calcula la Velocidad de Infiltración tomando en cuenta el gasto de entrada  $Q_1$  y el gasto de salida  $Q_2$ .

5.- Calcule la Velocidad de Infiltración.

6.- Grafique los datos de Velocidad de Infiltración.

De acuerdo a los datos obtenidos de esta práctica se tiene la siguiente información para poder determinar la Velocidad de Infiltración., de acuerdo a la formula que anteriormente se menciona:

Gasto de entrada al suelo = 1.5 LPS.

Gasto de Salida en el Aforador = 0.30 LPS.

Longitud de Surcos = 60 m = 6 000 cm.

Ancho del surco = 0.80 m = 80 cm.

$$VI = \frac{(1.5 - 0.30)}{6000 * 80} (1000 * 3600) = 9 \text{ cm/hr}$$

#### CONCLUSION:

Para la determinación de la Velocidad de Infiltración por medio del método de las Entradas y Salidas, utilizando los aforadores de Parshall, dado que el gasto de entrada es constante al salir por el punto final se va disminuyendo ya que ha estado sujeto a la infiltración, de acuerdo a lo anterior la diferencia entre el gasto que entra y el que sale, se considera el gasto que se ha infiltrado en función del tiempo, el principio para la determinación de la Velocidad de Infiltración es el mismo que el método de los Cilindros..

Para la prueba realizada en este caso que se tiene una velocidad de Infiltración de 9 cm/hr, con un gasto de entrada de 1.5 LPS y un gasto de salida 0.30 LPS por un período de 1 hora.

### **3.1 DETERMINACION DE LA PERMEABILIDAD**

#### **PRACTICA No. 14**

#### **METODO DEL PERMEAMETRO O CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA.**

##### **INTRODUCCION:**

Uno de los parámetros más importantes del suelo que es necesario conocer, es la velocidad de movimiento del agua a través de los espacios intersticiales, ocasionados por una fuerza determinada.

La permeabilidad de un suelo, se define como la facilidad o dificultad que presenta un suelo al flujo de agua bajo el gradiente o pendiente hidráulica unitaria en la cual la fuerza, es de 1 Kg. por Kilogramo de agua.

La permeabilidad no está influida por la pendiente hidráulica, lo que constituye una diferencia importante entre estas propiedades, la infiltración tampoco es modificada demasiado por los cambios de temperatura del agua, sin embargo la afectan grandemente las restantes propiedades físicas del suelo.

El término permeabilidad también se utiliza para designar el movimiento del agua, ya sea a través de los suelos, por el interior o en cualquier dirección., la permeabilidad de los suelos saturados varía entre límites muy amplios, menor a 30 cm por año, en los suelos arcillosos compactos, hasta varios miles de metros por año en la formación de gravas. Así

mismo para los suelos no saturados el contenido de humedad es uno de los factores determinantes de la permeabilidad.

La dimensión de la permeabilidad es la de una velocidad por su dimensión en la longitud dividida por el tiempo.

La permeabilidad o Conductividad hidráulica, es representada por el coeficiente  $k$  en la Ley de Darcy, y por el gradiente hidráulico, para lo cual se aplica el siguiente modelo.

$$V = ki$$

Donde:

$V$  = Velocidad del flujo efectivo, cm/hr.

$i$  = Gradiente hidráulico, adimensional.

La identificación que han sido propuestas para indicar la Conductividad Hidráulica considerando las láminas de agua se muestran en el siguiente cuadro (14)

**Cuadro 14** Clases propuestas para indicar la Conductividad Hidráulica.

Muy lenta	Menos de 0.15 cm/hr.
Lenta	De 0.15 a 0.50 cm/hr.
Moderada	De 0.50 a 15 cm/hr.
Rápida	De 15 a 25 cm/hr.
Muy rápida	Más de 25 cm/hr.

**MATERIALES Y METODOS:**

- Permeámetro.
- Soporte Universal.
- 3 Mangueras.
- Embudo.
- Tierra Cribada.
- Agua.
- 2 Piedras Filtro.
- Probeta de 100 ml.
- 2 vasos de Precipitado de 250 ml.
- Cronómetro.

**PROCEDIMIENTO:**

- 1.-Se colecta una muestra de suelo, del lugar donde se realizó la prueba de infiltración de preferencia a la misma profundidad en que se enterraron los cilindros.
- 2.- La muestra es llevada a laboratorio, si se encuentra húmedo, se pone a secar.
- 3.- Al siguiente día se tamiza y se criba, procediendo a colocarlo en el permeámetro.

4.- Las piedras que se instalan en los extremos del permeámetro son saturados, así mismo estas deben de ser de una mayor permeabilidad que la del suelo.

5.- Una vez realizado esto, se coloca una de ellas en el fondo del permeámetro y se vierte el suelo, colocando encima la otra piedra posteriormente y se conectan las mangueras a la entrada y salida del agua.

6.- Sucesivamente se toman lecturas de gasto a intervalos de 10 minutos, hasta que el valor se hace constante, el valor de permeabilidad determinado por la ecuación será también constante, esto indica que el flujo del agua en el suelo ha llegado a saturarse, si cambiamos la carga hidráulica, se puede observar que el valor de la permeabilidad obtenido de la primera lectura, será el mismo que para la carga hidráulica anterior, por lo que se comprueba que la ley de Darcy, se cumple; demostrando con ello que la permeabilidad no varía con la carga o el gradiente hidráulico.

Los datos que se deben de tomar en cuenta para llevar acabo la determinación de la permeabilidad son:

$\phi$  = Diámetro del Permeámetro, cm.

H = Carga Hidráulica, cm.

L = Longitud, cm.

La ecuación general para resolver la Permeabilidad esta dada por:

$$K = \frac{Q}{Ai}$$

Donde:

Q = Gasto, cc/hr.

A = Area, cm<sup>2</sup>.

t = Tiempo, hr.

L = Longitud del medio poroso, cm.

K = Permeabilidad, cm/hr.

$$Q = \frac{V}{T}$$

$$i = \frac{AQ}{L}$$

$$Q_1 = hp_1 + Zp_1$$

$$Q_2 = hp_2 + Zp_2$$

$$AQ = Q_1 + Q_2$$

$$A = (\pi r^2), = \frac{\Pi D^2}{4}$$

En el laboratorio de Relación Agua-Suelo-Planta-Atmósfera, se realizó esta prueba, mediante los permeámetros para determinar la Conductividad Hidráulica, obteniendo los siguientes datos:

$$D = 6.4 \text{ cm}$$

$$A = \frac{\Pi(6.4\text{cm})^2}{4} = 32.2\text{cm}^2$$

$$L = 9 \text{ cm}$$

$$Q = \frac{399ml}{80min} = 4.9cc / min(60) = 294cc / hr$$

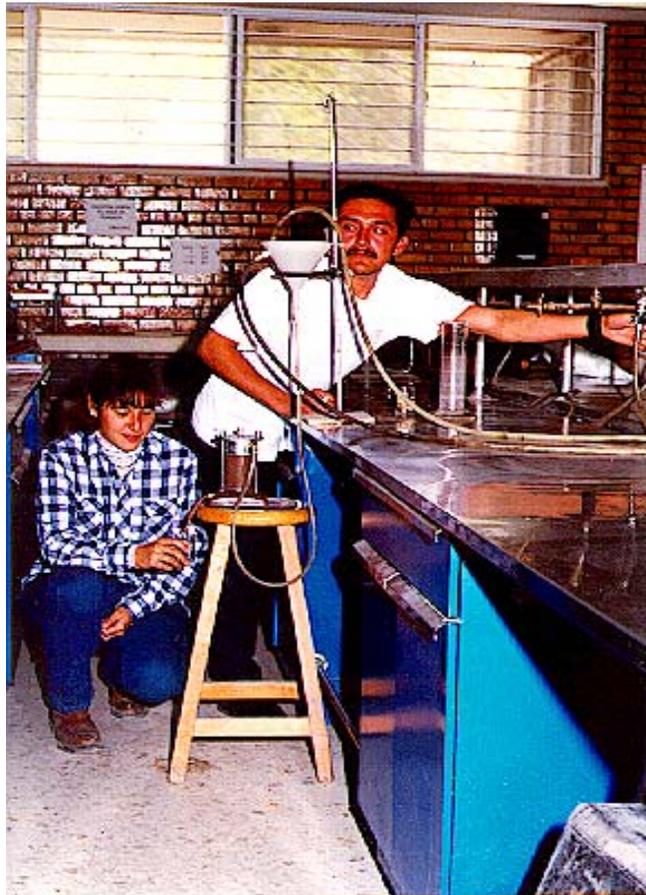
$$i = \frac{66.5}{9cm} = 7.4$$

$$Q_1 = 57.5 + (-28) = 29.5$$

$$Q_2 = 0 + (-37) = -37$$

$$AQ = 29.5 - (-37) = 66.5$$

$$K = \frac{294cc / hr}{32.2cm^2 (7.4)} = 1.3cm / hr$$



**Figura 11** Método del Permeámetro, para la determinación de la Permeabilidad del suelo.  
CONCLUSION:

De acuerdo a la realización de la práctica de Conductividad Hidráulica, se concluye que la ley de Darcy cumple con su principio, por lo tanto podemos observar que la permeabilidad se mantuvo constante.

El conocimiento del valor de la permeabilidad confines prácticos es importante, ya que la mayoría de los sistemas de riego tecnificados requieren necesariamente del valor de permeabilidad para poder aumentar la eficiencia de los mismos.

En la práctica llevada acabo se concluye que se obtuvo una Permeabilidad de 1.3 cm/hr, que de acuerdo a las clases propuestas se indica que la Conductividad Hidráulica se considera que la lamina de agua es Moderada.

## II APENDICE

FACTORES DE CONVERSION DE UNIDADES.

<b>PARA PASAR DE</b>	<b>A</b>	<b>MULTIPLICAR POR</b>
<b><u>LONGITUD.</u></b>		
<b>Centímetros</b>	<b>Pulgadas</b>	<b>0.3937</b>
<b>Kilómetros</b>	<b>Millas</b>	<b>0.6213699</b>
<b>Metros</b>	<b>Pies</b>	<b>3.280833</b>
<b>Millas</b>	<b>Kilómetros</b>	<b>1.6093472</b>
<b>Millas</b>	<b>Pies</b>	<b>5.280</b>
<b>Pies</b>	<b>Metros</b>	<b>0.3048006</b>
<b>Pulgadas</b>	<b>Centímetros</b>	<b>2.54000508</b>
<b><u>ACRES.</u></b>		
<b>Acres.</b>	<b>Hectáreas</b>	<b>0.404687</b>
<b>Centímetros<sup>2</sup></b>	<b>Pulgadas<sup>2</sup></b>	<b>0.15499969</b>
<b>Hectáreas</b>	<b>Acres</b>	<b>2.471044</b>
<b>Kilómetros<sup>2</sup></b>	<b>Millas<sup>2</sup></b>	<b>0.3861006</b>
<b>Metros<sup>2</sup></b>	<b>Pies<sup>2</sup></b>	<b>10.76387</b>
<b>Millas<sup>2</sup></b>	<b>Kilómetros<sup>2</sup></b>	<b>2.589998</b>
<b>Pies<sup>2</sup></b>	<b>Metros<sup>2</sup></b>	<b>0.09290341</b>
<b>Pulgadas<sup>2</sup></b>	<b>Centímetros<sup>2</sup></b>	<b>6.4516258</b>
<b><u>VOLUMEN.</u></b>		
<b>Acres-Pies</b>	<b>Metros<sup>3</sup></b>	<b>1 233.49</b>
<b>Centímetros<sup>3</sup></b>	<b>Pulgadas<sup>3</sup></b>	<b>0.06102338</b>
<b>Galones</b>	<b>Litros</b>	<b>3.785332</b>
<b>Galones</b>	<b>Metros<sup>3</sup></b>	<b>0.0037854</b>
<b>Litros</b>	<b>Galones</b>	<b>0.264173</b>

<b>Litros</b>	<b>Pies<sup>3</sup></b>	<b>0.035315</b>
<b>Metros<sup>3</sup></b>	<b>Acres-pies</b>	<b>0.00081071</b>
<b>Metros<sup>3</sup></b>	<b>Galones</b>	<b>264.173</b>
<b>Metros<sup>3</sup></b>	<b>Pies<sup>3</sup></b>	<b>35.314445</b>
<b>Pies<sup>3</sup></b>	<b>Galones</b>	<b>7.48052</b>
<b>Pies<sup>3</sup></b>	<b>Litros</b>	<b>28.31625</b>

<b>PARA PASAR DE</b>	<b>A</b>	<b>MULTIPLICAR POR</b>
<b>Pies<sup>3</sup></b>	<b>Metros<sup>3</sup></b>	<b>0.028317016</b>
<b><u>TIEMPO.</u></b>		
<b>Años</b>	<b>Días</b>	<b>365</b>
<b>Años</b>	<b>Horas</b>	<b>8 760</b>
<b>Días</b>	<b>Minutos</b>	<b>1 440</b>
<b>Días</b>	<b>Segundos</b>	<b>86 400</b>
<b>Horas</b>	<b>Segundos</b>	<b>3 600</b>
<b><u>CAUDAL.</u></b>		
<b>Cm<sup>3</sup>/seg</b>	<b>Gal/min.</b>	<b>0.01585068</b>
<b>Cm<sup>3</sup>/seg</b>	<b>M<sup>3</sup>/día</b>	<b>86.400</b>
<b>Gal/día</b>	<b>Cm<sup>3</sup>/seg</b>	<b>0.0438117</b>
<b>Gal/día</b>	<b>Litros/seg.</b>	<b>4.38117 x 10<sup>-3</sup></b>
<b>Gal/día</b>	<b>M<sup>3</sup>/día</b>	<b>0.0037854</b>
<b>Gal/día</b>	<b>M<sup>3</sup>/hora</b>	<b>0.041666</b>
<b>Gal/min.</b>	<b>Cm<sup>3</sup>/seg</b>	<b>63.08886</b>
<b>Gal/min.</b>	<b>Litros/seg.</b>	<b>0.063088</b>
<b>Gal/min.</b>	<b>M<sup>3</sup>/día</b>	<b>5.45098</b>
<b>Gal/min.</b>	<b>M<sup>3</sup>/hora</b>	<b>0.227124</b>
<b>Gal/min.</b>	<b>Pies<sup>3</sup>/seg</b>	<b>0.00222801</b>
<b>Litros/seg.</b>	<b>Gal/día</b>	<b>22 824.98</b>
<b>Litros/seg.</b>	<b>Gal/min.</b>	<b>15.85068</b>
<b>Litros/seg.</b>	<b>M<sup>3</sup>/día</b>	<b>86.4</b>
<b>Litros/seg.</b>	<b>M<sup>3</sup>/hora</b>	<b>3.6</b>

<b>Litros/seg.</b>	<b>Pies<sup>3</sup>/seg</b>	<b>0.03531539</b>
<b>Millones gal/día</b>	<b>M<sup>3</sup>/día</b>	<b>3 785.4</b>
<b>M<sup>3</sup>/día</b>	<b>Cm<sup>3</sup>/seg</b>	<b>11.574074</b>
<b>M<sup>3</sup>/día</b>	<b>Gal/día</b>	<b>264.173</b>
<b>M<sup>3</sup>/día</b>	<b>Gal/min.</b>	<b>0.183453</b>
<b>M<sup>3</sup>/día</b>	<b>Litros/seg.</b>	<b>0.0115740</b>

<b>PARA PASAR DE</b>	<b>A</b>	<b>MULTIPLICAR POR</b>
<b>M<sup>3</sup>/día</b>	<b>Pies<sup>3</sup>/seg</b>	<b>4.08732 x 10<sup>-4</sup></b>
<b>M<sup>3</sup>/hora</b>	<b>Gal/día</b>	<b>6 340.152</b>
<b>M<sup>3</sup>/hora</b>	<b>Gal/min.</b>	<b>4.40288</b>
<b>M<sup>3</sup>/hora</b>	<b>Litros/seg.</b>	<b>0.277778</b>
<b>M<sup>3</sup>/hora</b>	<b>M<sup>3</sup>/día</b>	<b>24</b>
<b>M<sup>3</sup>/hora</b>	<b>Pies<sup>3</sup>/seg</b>	<b>0.00980957</b>
<b>Pies<sup>3</sup>/seg</b>	<b>M<sup>3</sup>/hora</b>	<b>101.941257</b>
<b>Pies<sup>3</sup>/seg</b>	<b>Gal/día</b>	<b>646 315</b>
<b>Pies<sup>3</sup>/seg</b>	<b>Gal/min.</b>	<b>448 831</b>
<b>Pies<sup>3</sup>/seg</b>	<b>Litros/seg.</b>	<b>28.316</b>
<b>Pies<sup>3</sup>/seg</b>	<b>M<sup>3</sup>/día</b>	<b>2 446.59018</b>
<b>Millones gal/día</b>	<b>Litros/seg.</b>	<b>43.8117</b>
<b><u>PERMEABILIDAD.</u></b>		
<b>Cm/seg.</b>	<b>Gal/día/pie<sup>2</sup></b>	<b>21 204.7778</b>
<b>Cm/seg.</b>	<b>M/día</b>	<b>864</b>
<b>Gal/día/pie<sup>2</sup></b>	<b>Cm/seg.</b>	<b>4.715918 x 10<sup>-5</sup></b>
<b>Gal/día/pie<sup>2</sup></b>	<b>M/día</b>	<b>0.04074553</b>
<b>Millones gal/día/acre</b>	<b>M/día</b>	<b>0.935389</b>
<b>M/día</b>	<b>Cm/seg.</b>	<b>0.0011574</b>
<b>M/día</b>	<b>Gal/día/pie<sup>2</sup></b>	<b>24.542567</b>
<b>M/día</b>	<b>Millones gal/día/acre</b>	<b>1.0690739</b>
<b>Pies/seg.</b>	<b>M/día</b>	<b>26 334.72</b>

<b><u>TRANSMISIBILIDAD.</u></b>		
<b>Cm<sup>2</sup>/seg</b>	<b>Gal/día/pie</b>	<b>695.69366</b>
<b>Cm<sup>2</sup>/seg</b>	<b>M<sup>2</sup>/día</b>	<b>8.64</b>
<b>Gal/día/pie</b>	<b>Cm<sup>2</sup>/día</b>	<b>0.0014374</b>
<b>Gal/día/pie</b>	<b>M<sup>2</sup>/día</b>	<b>0.0124192</b>
<b>M<sup>2</sup>/día</b>	<b>Cm<sup>2</sup>/seg</b>	<b>0.11574</b>

<b>PARA PASAR DE</b>	<b>A</b>	<b>MULTIPLICAR POR</b>
<b>M<sup>2</sup>/día</b>	<b>Gal/día/pie</b>	<b>80.52048</b>
<b><u>VISCOCIDAD CINEMATICA</u></b>		
<b>Centistokes</b>	<b>Pies<sup>2</sup>/seg</b>	<b>1.0763867</b>
<b>Pies<sup>2</sup>/seg</b>	<b>Centistokes</b>	<b>0.9290341</b>

Factores de conversiones de unidades.

NOTA: Galones x 3.7853 = Litros

Litro x 0.26 = Galones

M<sup>2</sup> x 10.764 = Pies<sup>2</sup>

Temperatura °C = °F – 32 x 0.5555

### III BIBLIOGRAFIA

Aguilera C. M. y R. Martínez E. 1980. Relaciones Agua-Suelo-Planta-Atmósfera. 2ª edición Imprenta de la U. A. Ch.. Chapingo, Edo. De México.

Aguilera Herrera N. 1981. Tratado de Edafología de México.1ª Publicada por la Facultad de Ciencias de la U.N.A.M.. México. D.F.

Baver, L. D. Gardner, W. H. Y Gardner, W. R. 1980. Física de Suelos. Editorial UTEHA S. A. De C. V.. México, D.F.

Buckman H. D. y Nylec. Brady 1987. Naturaleza y Propiedades de los Suelos. Editorial Montaner y Simón S. A.

Caballero C. Hector, 1981, Manual Teórico Practico de uso y Conservación del agua. Departamento de Riego y Drenaje. U. A. A. A., N. Buenavista, Saltillo, Coahuila.

Foto H. D. y Turk L. M.1975. Fundamentos de la Ciencia del Suelo. 1ª edición. Editorial CONTINENTAL S. A.. México D. F.

Gaucher G. 1971. El Suelo. 1ª edición Editorial. OMEGA, España.

Gavande, S. A. 1982. Física de Suelos, Principios y Aplicaciones. 4ª edición.  
Editorial LIMUSA. México, D.F.

Guerrero, Manuel. 199. El Agua. 1ª edición. Editorial. Fondo de cultura Económica  
S.A de C.V. México. D.F.

Israelsen, O. W. y V. E. Hansen. Principios y Aplicaciones del Riego. 2ª edición.

Luthin James N. 1986. Drenaje de Tierras Agrícolas. 4ª edición, Editorial LIMUSA.  
México. D.F.

Narro Farias. 1994 Física de Suelos con Enfoque Agrícola. 1994. 1ª edición. Editorial  
TRILLAS S. A. De C. V.. México D. F.

Palacios V. O. 1970. Instructivo para el Muestreo. Registro de datos e interpretación de la  
Calidad del Agua para Riego Agrícola. Universidad Autónoma de Chapingo.  
México. D. F.

Rodríguez García, Raúl. Material Didáctico de la Materia Relación-Agua-Suelo-Atmósfera.  
Departamento de Riego y Drenaje. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coahuila.

Rojas P. L y Luis E. R. R 1998. Uso y Manejo del Agua. Editorial U. A. A. A. N.  
Buenavista, Saltillo, Coahuila.

Ruiz Bonet, Tomás. Características del Riego en Cultivo sin Suelo “Exigencias en  
aportación y manejo” Instituto de Estudios Almerienses.

Sotelo Avila, Gilberto. 1981. Hidráulica General. Editorial LIMUSA. México. D.F.

Trueba Coronel. 1976. Hidráulica. 14ª edición. Editorial CEESA. México. D.F.

Winther E. J. 1979. El agua, el suelo y la Planta. 2ª edición. Editorial DIANA, México. D.F.

Vega Gutiérrez, Juan. 1779. Curso de uso y Manejo del Agua, Departamento de Impresos del ITESM, 5ª edición. Monterrey, N. L.