

2.2.4.4 Histéresis.

Para un mismo valor de W_m , la humedad del suelo es mayor durante el proceso de desecación que durante la humectación. Este fenómeno se denomina histéresis (lo que significa que la tensión del suelo no es una función de valor único de la humedad del suelo).

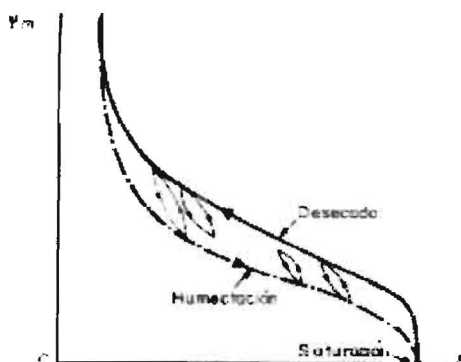


Figura 12. Histéresis en la curva de retención del agua del suelo (esquemático)

En la Figura 12, se pueden observar ciclos parciales de secado y humedecido. Si, como es normal, el estudio de las relaciones suelo - agua se hace para conocer el comportamiento del conjunto frente a la absorción hídrica del sistema radicular, el valor que interesa es el correspondiente al desecado.

2.2.4.5 Relación entre el potencial mátrico y el contenido de agua

Para un mismo contenido de humedad los distintos suelos retienen el agua con distinta energía. Es decir, la relación humedad - potencial mátrico varía para cada tipo de suelo.

En la Figura 13 debida a Richards, et,al. se presentan las curvas de varios suelos. En ordenadas se muestran el W_m y en las abscisas el porcentaje de agua extraída entre el estado de capacidad de campo (0 por 100) y el del punto de marchitez (100 por 100). Obsérvese que las curvas de los distintos suelos coinciden para los valores de -0.1 y 15 bar.

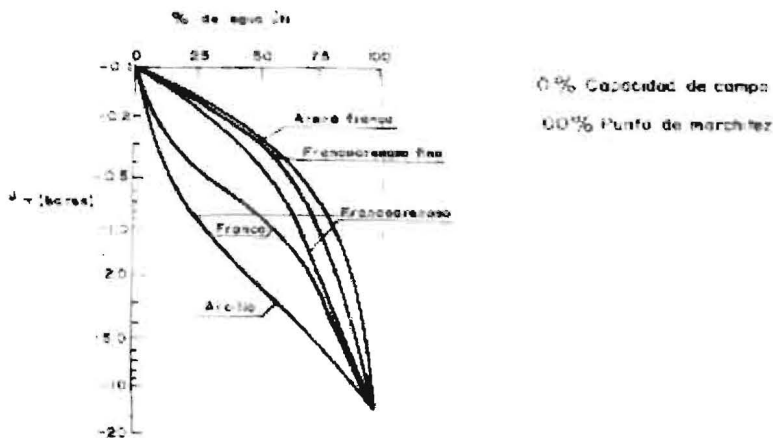


Figura 13. Curva de retención de humedad

Un tramo horizontal en las curvas se produce cuando a pequeñas diferencias de W_m corresponden grandes diferencias de humedad, lo que indica que en ese tramo hay muchos poros del mismo tamaño. Por el contrario un tramo vertical indica pocos poros del tamaño a que corresponda el W_m . Una inclinación del orden de 45° muestra una distribución uniforme de los poros.

2.2.4.6 Curvas de tensión de humedad del suelo (THS)

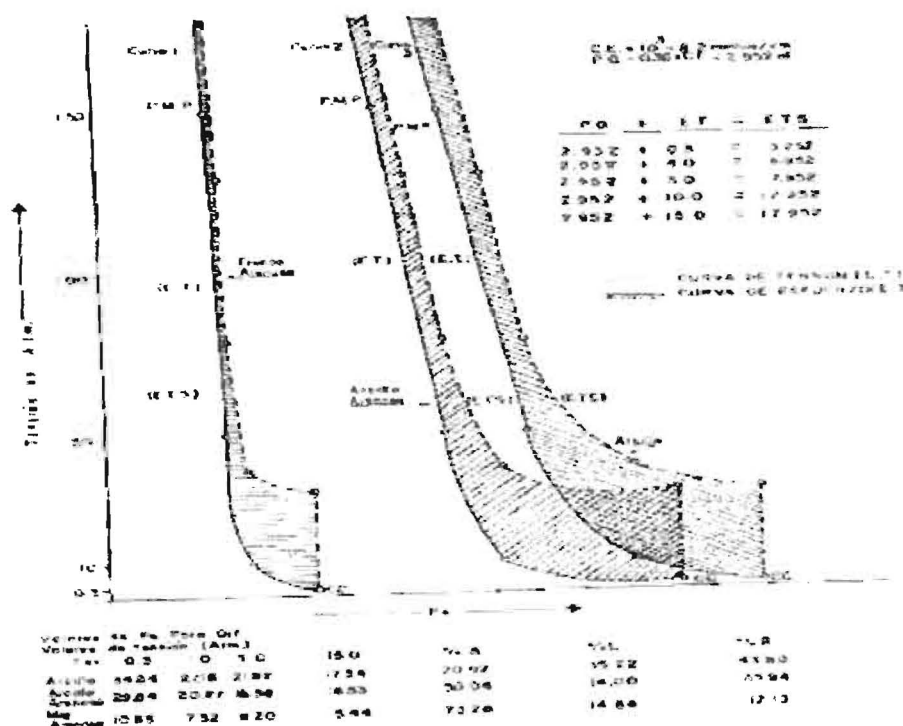
Debe tenerse en cuenta que las fuerzas de tensión se oponen a la absorción de agua por parte de las raíces de las plantas; no obstante y en forma adicional, si el suelo presenta sales, es necesario vencer también la fuerza osmótica.

En la Figura 14 se presentan las curvas de THS para cuatro suelos. En estas curvas claramente se aprecia el efecto que causa tanto el aumento en el contenido de arcilla como su tipo, sobre la tensión o succión de la humedad del suelo.

2.2.4.7 Curva de esfuerzo de humedad del suelo (EHS)

Cuando a la fuerza de tensión de humedad del suelo (THS) se le suma la fuerza ocasionada por las sales presentes en el sistema (tensión osmótica) se generan las curvas conocidas como de esfuerzo de humedad del suelo (EHS). Según Devlin (1976), citado por Aguilera (1980), la tensión osmótica puede ser definida como la presión necesaria para contrarrestar el paso de agua pura al interior de una solución acuosa a través de una membrana semipermeable, evitando así un incremento en el volumen de la solución. El esfuerzo de humedad del suelo (EHS) se expresa en unidades de presión:

$$EHS = THS + POx$$



2.2.4.7 Curva de esfuerzo de humedad del suelo (EHS)

En donde PO_x es la tensión osmótica, atmósferas o bares.

La construcción de la curva EHS en suelos con presencia de sales es importante, debido a que la tensión osmótica limita la aprovechabilidad del agua para las plantas, ya que cuando las sales se disuelven en un medio acuoso, las moléculas de agua pierden movilidad, debiéndose aumentar la energía necesaria para extraerla; también, la difusión hacia las zonas con menor potencial se ve disminuida.

La tensión osmótica para x porcentaje de humedad se determina a partir de la siguiente relación:

$$PO_x = PO_s \theta_s / \theta_x$$

PO_x es la tensión osmótica a x humedad del suelo (en atm.)

PO_s es la tensión osmótica a saturación (en atm.)

θ_s contenido de humedad a saturación (en %)

θ_x contenido de humedad para x punto (en %)

La tensión osmótica a saturación (POs) en atmósferas o bares se calcula a partir de la conductividad eléctrica (CE) en mmhos cm^{-1} , mediante la siguiente expresión:

$$\text{POs} = 0.36 \text{ CE}$$

2.2.4.8 Métodos para obtener la curva de retención de agua

Los instrumentos más usados para determinar la curva de retención de agua en el laboratorio, están basados en la aplicación de "succión" a una muestra de suelo saturado que descansa sobre un elemento separador provisto de pequeñas perforaciones (micro-filtro) o en el principio de aplicar una presión de aire elevada en los casos en que la tensión es grande.

En los instrumentos basados en la succión, el agua de la muestra es drenada, a consecuencia de la "succión", a través de las pequeñas perforaciones de la lámina porosa. Se alcanza el equilibrio entre la tensión del agua en el suelo y la succión al cabo de 24 horas. Después de esto las muestras son extraídas y se determina el contenido de humedad para la tensión correspondiente. Es posible medir tensiones de hasta 1 atmósfera mediante los instrumentos basados en el principio de succión. La Figura 15 presenta un ejemplo de este tipo de aparato. La "succión" aplicada se determina levantando la muestra a la altura deseada con respecto a una cubeta o depósito. La determinación de la tensión de agua del suelo, para valores superiores a 1 atmósfera, se realiza mediante instrumentos (placa de presión, membrana de presión) que permiten extraer el agua de la muestra saturada usando presión de aire (por encima de la presión atmosférica). El drenaje del agua de la muestra se hace a través de un elemento separador (placa de cerámica o membrana de celofán con poros muy pequeños).

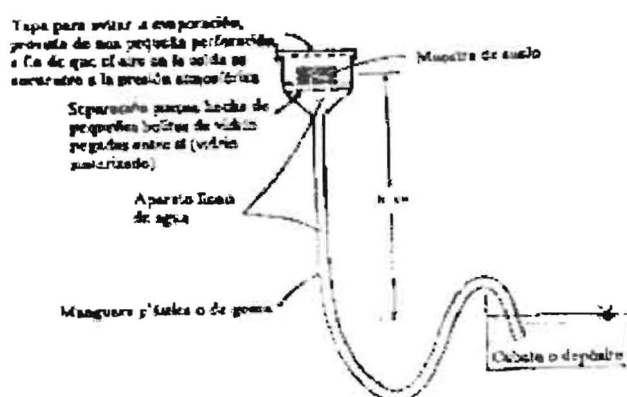


Figura 15. Instrumento de laboratorio (Sinter) para determinar la tensión del agua del suelo mediante el principio de succión.

Figura 15. Instrumento de laboratorio (Sinter) para determinar la tensión del agua del suelo mediante el principio de succión.

La curva de retención de suelos también se puede determinar por medio del aparato denominado membrana de presión. El aparato incluye una membrana, sobre la cual son colocadas en contacto directo muestras húmedas de suelo (Las muestras de suelo son depositadas sobre la placa y saturadas durante 24 horas). Luego se tapa la celda y se introduce dentro de ella, aire comprimido (desde un tanque o mediante un compresor), el cual ejerce presión sobre las muestras. La membrana es impermeable al gas comprimido por estar húmeda. El agua extraída de las muestras de suelo es alejada por debajo de la membrana. Sólo el agua cuya tensión es idéntica a la presión ejercida es retenida por el suelo.

La tensión de agua del suelo, que se opone a toda presión externa, se opondrá asimismo a cualquier tensión externa de absorción.

Por ejemplo, si se desea conocer el contenido de humedad a 5 atmósferas, se introducirá aire a dicha presión. La presión del aire expelerá el agua de los poros del suelo que no son capaces de retenerla a esta presión, a través de la separación porosa. Se alcanza el equilibrio que señala el término del drenaje producido por la presión aplicada después de 48 horas. Se abre la celda después de esto, se sacan las muestras, se las pesa y se les introduce en el horno, a fin de determinar luego sus contenidos de humedad (Véase Figura 16)

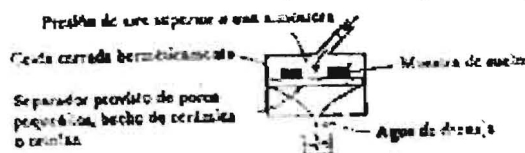
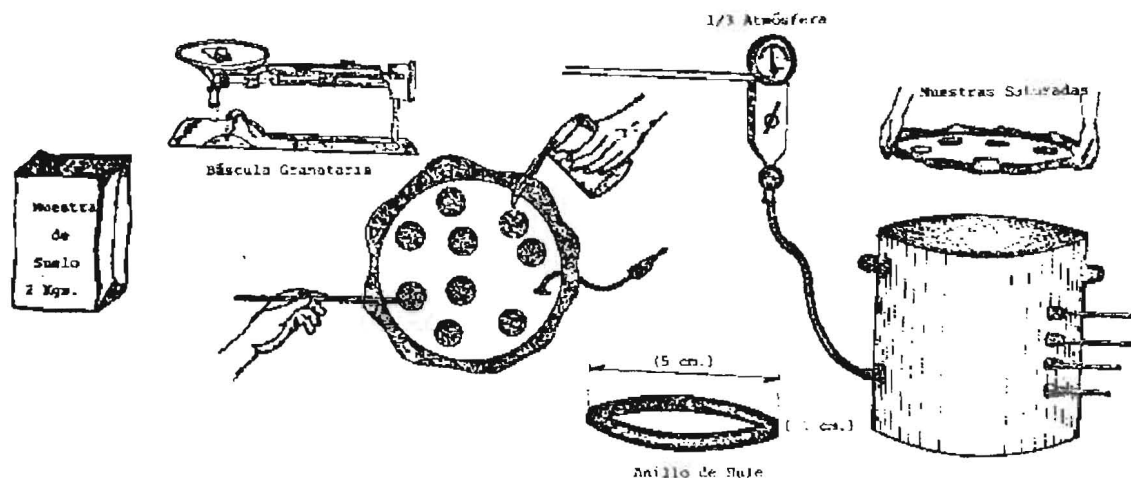


Figura 16 Instrumento esquemático de laboratorio para determinar la tensión del agua del suelo usando presiones elevadas



DETERMINACION DE CAPACIDAD DE CAMPO EN LA OLLA DE PRESION.

Figura 17. Determinación de la capacidad de campo en la olla de presión.