

CAPÍTULO II

SUELO Y AGUA

DETERMIZACIÓN DE LA HUMEDAD

I. Método clásico.

1. Se pesan, por duplicado, porciones de 100 g. del suelo húmedo, extendiéndolas para que se desequen a la temperatura ambiente durante setenta y dos horas.
2. Una vez secas, se pesan nuevamente y se calcula el porcentaje de humedad, refiriéndolo a la tierra desecada.

EJEMPLO

Peso de la muestra húmeda.....	100 g.
" " " desecada al aire.....	78 "

Es decir, que 78 gramos de tierra contienen $100 - 78 = 22$ g. de

$$\text{agua. El porcentaje será: } 22 \times \frac{100}{78} = 2,82.$$

II. Métodos rápidos.

TÉCNICA DE EMMERT [21].

Se funda en medir la elevación de temperatura que se produce al reaccionar el ácido sulfúrico concentrado con el agua que contiene el suelo.

Para fijar el porcentaje de humedad se comienza por construir una curva, llevando en el eje de abscisas los porcentajes de humedad de diferentes muestras de una misma tierra, y en ordenadas, los aumentos máximos de temperatura alcanzados al agregar un mismo volumen de ácido sulfúrico; uniendo todos los puntos así obtenidos, tenemos una curva.

Para determinar la humedad desconocida de una muestra, bastará con agregar el sulfúrico y medir el aumento de temperatura. Éste se lleva sobre el eje de ordenadas, trazando por él una paralela al eje de abscisas. La abscisa correspondiente al punto de intersección con la curva dará el tanto por ciento de humedad.

Si no hubiese en el suelo ninguna otra substancia que reaccionase con el sulfúrico, bastaría construir una curva única para todas las tierras. Pero como generalmente no ocurre esto, es preciso construir una para cada tipo de suelo en que sea preciso efectuar determinaciones numerosas, simultáneas o en distintas épocas, tal como ocurre, por ejemplo, en las parcelas de experiencias, sirviéndonos esta curva para todas las determinaciones que se efectúen en lo sucesivo.

El método es muy sencillo en su ejecución, pues no se necesita más que tubos de ensayo de 25 c. c., un termómetro de 100° C., dividido en décimas y ácido sulfúrico concentrado.

La práctica me ha demostrado que los resultados son inseguros en tierras calizas o que contengan materiales fácilmente atacables por el sulfúrico, debiendo ensayarse su validez en cada caso, lo que se ve fácilmente al trazar la curva.

Trazado de la curva. — Se toman nueve tubos de ensayo de 25 centímetros cúbicos, bien secos, que numeraremos de 1 a 9, colocando en el fondo de los mismos los pesos de tierra desecada al aire y centímetros cúbicos de agua que se indican a continuación:

Tubo	Tierra — gr.	Agua — c. c.	% de humedad (1)
1	1,00	0,00	0
2	0,95	0,05	5
3	0,90	0,10	10
4	0,85	0,15	15
5	0,80	0,20	20
6	0,75	0,25	25
7	0,70	0,30	30
8	0,65	0,35	35
9	0,60	0,40	40

(1) La humedad determinada es la excedente sobre la higroscópica.

Se toma el tubo 1 y se introduce el termómetro en la tierra, anotando la temperatura. Agregamos 2 c. c. de ácido sulfúrico concentrado con una pipeta bien seca, agitando vigorosamente con el termómetro durante unos segundos y anotando la temperatura alcanzada.

La operación se repite con los demás tubos, y con las diferencias entre las temperaturas alcanzadas en la reacción y la de la tierra o ácido se construye la curva como se ha dicho anteriormente.

Determinación de la humedad en una muestra. — Se opera con 1 g. de la muestra de tierra cuya humedad se quiere determinar, en la misma forma que se detalla anteriormente, llevando el valor obtenido sobre la curva, como ya se ha dicho.

OBSERVACIONES.

1.^a Debe siempre anotarse la temperatura a que se hizo el trazado de la curva para que las determinaciones siguientes no se diferencien en más de 5° de la del trazado.

2.^a Para tener la humedad total habrá que agregar a la obtenida la higroscópica, determinada por el método clásico.

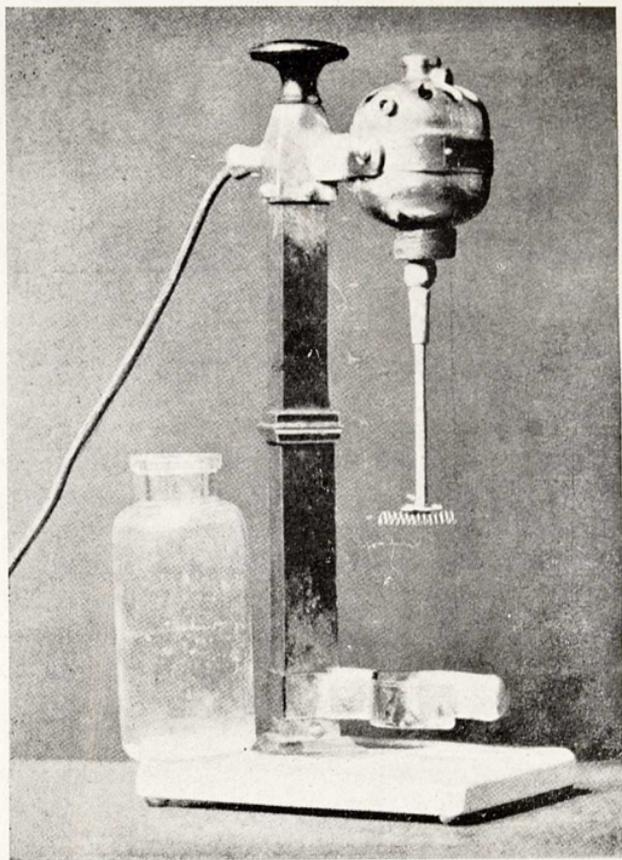
TÉCNICA DE BOUYOUCOS [22].

Se deshidrata la tierra con alcohol metílico, se determina la densidad del alcohol hidratado y de ésta se deduce el agua que contiene, y, por consiguiente, la que contenía la tierra.

Se necesitan los siguientes elementos:

a) Máquina dispersante, cuyas características pueden verse en el Método de análisis mecánico de BOUYOUCOS.

El vástago de la hélice dispersante atraviesa un tapón de caucho, que puede desplazarse hacia su parte inferior y cerrar un frasco. Unido a la hélice va un pequeño resorte que auxilia la dispersión.



Máquina dispersante, con dispositivo para la determinación rápida de la humedad, según Bouyoucos.

- b) Un frasco en el que se coloca la tierra y el alcohol.
- c) Hidrómetros y probetas de 100 y 25 c. c.
- d) Embudo y papel de filtro de 12,5 cm.

Calibrado del hidrómetro. — Se comienza por determinar el peso específico del alcohol; supongamos que corresponde a 99,85 % de alcohol.

Se toman 75 c. c., exactamente, de este alcohol en una probeta de 100 c. c., agregando 10 c. c. de agua destilada y determinando el peso específico nuevamente. Supongamos que la mezcla da 91,10 % de alcohol. Se anota la temperatura y se reducen todas las lecturas a la misma temperatura; por ejemplo, a 60° F. (15,5° C.). A una temperatura de 1° F. corresponde una diferencia de 0,15 % de alcohol, aproximadamente.

Para temperaturas superiores a 60° F., la cantidad correspondiente se resta del porcentaje de alcohol indicado, y para las inferiores a 60° F., se suma.

Una vez hecha la reducción anterior, se resta la lectura del alcohol que contiene 10 c. c. de agua, de la correspondiente al alcohol puro, y la diferencia corresponderá a los 10 c. c. de agua, deduciendo por división el número de c. c. de agua que corresponde a cada grado del tallo del hidrómetro.

En una mezcla de 75 c. c. de alcohol de 99,85 % y 10 c. c. de agua, el hidrómetro tipo especial da 0,910 c. c. de agua por cada graduación. Para hallar el número de centímetros cúbicos de agua en la muestra de suelo tomada, se halla la diferencia entre los pesos específicos del filtrado y del alcohol puro, multiplicándola por 0,910. Si se emplean 5 c. c. de agua con 75 c. c. de alcohol, el factor es algo menor de 0,910.

Los hidrómetros son construídos por EIMER y AMEND; son dos: uno lleva la escala de 90 a 100 por 100 de alcohol, y el otro, de 80 a 90; van graduadas en 0,5 y llevan unidos a ellos un termómetro.

Determinación de la humedad. — Se ponen en el frasco 25 g. de la muestra, agregando exactamente 75 c. c. de alcohol metílico puro,

colocándolo en el soporte del agitador, con la hélice dispersante dentro del frasco y haciendo descender el tapón para taparlo y evitar la evaporación del alcohol, agitando durante dos minutos o más, si la dispersión no se hizo aún.

Se filtra el contenido, recogiendo el filtrado gota a gota en la probeta de 25 c. c. y refiltrando hasta que salga claro.

En cuanto el líquido del frasco se echa en el filtro, debe taparse el embudo con un vidrio de reloj, para evitar la evaporación, lo que es esencial.

Cuando se han filtrado unos 20 c. c., se separa el embudo y se introduce en la probeta el hidrómetro, determinándose la densidad y temperatura, calculándose con estos datos la humedad.

AGUA HIGROSCÓPICA [23].

1. Se ponen aproximadamente 125 g. de tierra a desecar al aire, a la temperatura del laboratorio, pesando a intervalos, y prosiguiendo esta desecación hasta peso constante, que suele requerir unos tres días.

2. Se desecan a 110° , durante treinta minutos, dos cápsulas de vidrio con tapa. Enfrían en el desecador y se pesan.

3. Se pesan exactamente dos porciones de 50 g. ,aproximadamente, de la tierra desecada al aire en las cápsulas, desecando en la estufa durante ocho horas, a $105-110^{\circ}$.

4. Se sacan las cápsulas de la estufa, enfriándolas en el desecador y pesándolas rápidamente. Este proceso se repite hasta peso constante.

Con estos datos se calcula la humedad higroscópica, como se detalla en el siguiente ejemplo:

EJEMPLO

Peso de la cápsula.....	40,000 g.
Peso de la cápsula con la tierra desecada al aire...	89,750 "
El peso de la tierra desecada al aire será:	

$$89,750 - 40,000 = 49,750 \text{ g.}$$

Peso de la cápsula con la tierra después de desecar
ocho horas o más (peso constante)..... 88,250 g.
El peso de la tierra desecada será:

$$88,250 - 40,000 = 48,250 \text{ g.}$$

La humedad higroscópica de la muestra será:

$$49,750 - 48,250 = 1,500 \text{ g.}$$

El porcentaje de humedad higroscópica, respecto a la tierra
desecada, será:

$$\frac{100}{48,250} \times 1,500 = 3,1.$$

AGUA CAPILAR [23].

1. Se toma un tubo de 2,50 a 5 cm. de diámetro y 30 a 35 de longitud, tapando uno de sus extremos con una gasa tupida. Pesándolo.

2. Se llena el tubo con la tierra desecada al aire hasta la misma altura, sobre la tela, a que se tomó la muestra de tierra, 15, 20, 30 centímetros o más.

3. A medida que se va llenando el tubo se le comprime ligeramente, golpeando suave con la base sobre la mesa. Esta operación se repite cada vez que se llena de 10 a 15 cm. de altura. Se anota el peso del tubo con la tierra.

4. Se coloca la base del tubo sobre un cristizador con agua, y se deja que suba, por capilaridad, de veinticuatro a setenta y dos horas, o hasta que la superficie del suelo se humedezca, anotando el tiempo en cada caso.

5. Una vez que el agua ha llegado a la superficie se saca el tubo, colocándolo sobre un cristizador seco para eliminar cualquier exceso de agua y se pesa nuevamente.

OBSERVACIÓN.

Se conserva el tubo para determinar el agua gravitante.

Con estos datos se calcula el agua capilar como se detalla en el ejemplo.

EJEMPLO

Peso del tubo vacío.....	40,00 g.
Peso del tubo lleno de la tierra.....	673,00 "
Peso de la tierra:	

$$673 - 40 = 633 \text{ g.}$$

Peso del tubo con la tierra húmeda.....	763,00 "
Peso del agua tomada por el suelo:	

$$763 - 673 = 90 \text{ g.}$$

Porcentaje de agua capilar:

$$90 \times \frac{100}{633} = 14,2 \%$$

AGUA GRAVITANTE [23].

1. El tubo de la determinación anterior que contiene el agua capilar se introduce en un recipiente que contenga agua hasta la misma altura que alcanza la tierra en el tubo, prosiguiendo el contacto hasta saturación total. Anotándose el tiempo necesario para conseguir esto.

2. Se extrae el tubo, secándolo por fuera, colocándolo sobre un vaso (tarado), para recoger el agua drenada, y pesando el conjunto.

El agua gravitante se calcula como se detalla en el siguiente ejemplo:

EJEMPLO

Peso del tubo + suelo + agua capilar.....	763 g.
Peso del tubo + suelo saturado + vaso.....	1.053 "
Peso del vaso	215 "
Peso del agua gravitante:	

$$1.053 - (763 + 215) = 75 \text{ g.}$$

Porcentaje del agua gravitante respecto a la tierra desecada al aire:

$$75 \times \frac{100}{633} = 11,8 \%$$

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO ÓPTIMO DE HUMEDAD PARA
EL CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS [23].

Se colocan 100 g. de la muestra, desecada al aire, sobre un papel de filtro mojado y puesto previamente en un embudo. El embudo se coloca sobre un Erlenmeyer, pesando el conjunto.

Se agrega agua a la tierra hasta saturación. Se vacía el Erlenmeyer y se pesa nuevamente éste con el embudo y la tierra. El aumento de peso es la cantidad de agua necesaria para saturar la muestra.

El óptimo oscila del 50 % de esta humedad, para los suelos de consistencia media, al 65 %, para los arenosos.

DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO DE HUMEDAD PARA LA GERMINACIÓN [23].

1. Se colocan porciones de 250 g. de tierra desecada al aire en ocho cristalizadores.

2. Se agrega agua, para que el contenido de humedad sea 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 y 40 %.

3. Se siembran de 10 a 20 gramos de avena o trigo en cada cristalizador, cubriéndolos con vidrios de reloj para aminorar la evaporación, pesándolos y anotando el peso total, cubiertos.

4. Se vigilan diariamente, durante dos semanas, pesándolas cada tres días y reemplazando el agua perdida por evaporación.

5. Se anota el número de días que requiere la germinación, el número de plantas desarrolladas y el peso total, al cabo de las dos semanas, en cada cristalizador.

Con estos datos se deduce fácilmente el óptimo de la humedad para la germinación.

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO CRÍTICO Y DE LAS DISPONIBILIDADES DE AGUA (SEKERA [24, 25]).

Bajo la denominación de contenido crítico de agua se entiende el contenido de ésta expresado en vol. %, a partir del cual cesa su circulación y con ello el suministro a la planta.

Agua disponible en el suelo es la cantidad de agua en gramos que puede extraerse del suelo por centímetro cuadrado de superficie y hora.

Es una característica de gran interés la relación por diferencia entre el contenido crítico y la disponibilidad.

Para el estudio práctico de los suelos es de fácil aplicación el método de evaporación de GRAGMANN, modificado por SEKERA.

Se necesitan los siguientes elementos:

a) Cajitas cilíndricas de aluminio o tubos de vidrio de paredes gruesas, cerrados por uno de sus extremos. Las dimensiones de ambos son 10 cm. de longitud y 2 cm. de diámetro.

Llevarán en su fondo un pequeño orificio.

Debe determinarse su volumen con la aproximación de 0,1 c. c.

b) Una "tierra indicadora", es decir, una tierra que estando seca tenga una coloración muy clara y al humedecerse se oscurezca.

Se la pulveriza finamente, poniéndola en un recipiente tapado por una tela de mallas muy finas.

Este recipiente servirá para espolvorear su contenido en capa muy fina sobre la tierra que se va a estudiar.

Técnica. — Se llena hasta el borde la cajita o el tubo a) con la tierra dsmenuzada y bien mezclada y se la coloca en una vasija con agua, de modo que suba por capilaridad hasta la superficie. La tierra que sobresale se quita con un cuchillo.

Se espolvorea con la tierra indicadora, formando una capa delgada, que recubra toda la superficie, haciendo ésta homogénea y aliándola con una lámina de vidrio o metal, humedecida.

Así preparada la muestra, se la coloca en una habitación seca o desecador, para observarla. En domingos o días festivos (y durante la noche) se colocan las muestras en una cámara húmeda o se las tapa de tal manera que quede interrumpida la evaporación. Tan pronto como la superficie se seque, es decir, cuando la superficie se aclare, es señal de que se ha alcanzado el contenido crítico de agua del suelo. Entonces se pesan la cajita o tubo con una aproximación de 0,1 g.

Mojando y evaporando varias veces, pueden obtenerse valores medios para una misma caja.

Si por un descuido se ha observado mal la desecación del indicador, puede humedecerse la superficie con 1-2 c. c. de agua, observando nuevamente.

Para valorar el contenido crítico de agua se desecan las cápsulas durante seis horas, a 60° C., y después a 110° C., hasta constancia de peso. De las dos pesadas se obtiene el contenido crítico que se refiere al volumen del tubo, expresándose aquél en vol. de agua por 100 c. c.

Interpretación. — Las relaciones existentes entre el contenido crítico de agua y las disponibilidades se expresan en el siguiente cuadro:

Contenido crítico de agua en vol. %	Disponibilidad de agua en g./cm. ² hora	Clasificación respecto a la disponibilidad de agua
Por debajo de 7	Sobre 0,4	Demasiado rápido.
" " " 7-20	" 0,1-0,4	Rápido.
" " " 20-24	" 0,06-0,1	Normal.
" " " 24-30	" 0,03-0,06	Lento.
Sobre 30	Bajo 0,03	Demasiado lento.

La diferencia entre la disponibilidad y el contenido crítico da el agua útil que pueda ceder el suelo, expresándose en vol. % ó en milímetros de lluvia por decímetro de capa de tierra.

El agua útil que puede ceder en todo el perfil ("capacidad de la lluvia de la estación") es la suma de las disponibilidades de agua útil de todas las capas del suelo en que se desarrollan las raíces.

Se examina en una calicata de 2 m. de profundidad el alcance de las raíces de las plantas cultivadas, y la suma parcial del agua disponible en cada dm. de capa de suelo enraizada da la total. Para fines de mapa agronómico, puede determinarse la utilizable de cada 100 milímetros de lluvia.

La "capacidad de lluvia" "R K" indica, por lo tanto, cuántos milímetros de lluvia pueden ser almacenados, utilizables, en el suelo enraizado.

HUMEDAD EQUIVALENTE (BOUYOUCOS [26]).

1. Se toma un embudo Buchner de 4,3 cm. de diámetro y 2 cm. de altura, adaptándole un papel de filtro de 4,25 cm. de diámetro, humedeciendo éste y tarando el conjunto.

2. Se llena el embudo hasta los $\frac{3}{4}$, aproximadamente, con la tierra desecada al aire, pesándolo nuevamente.

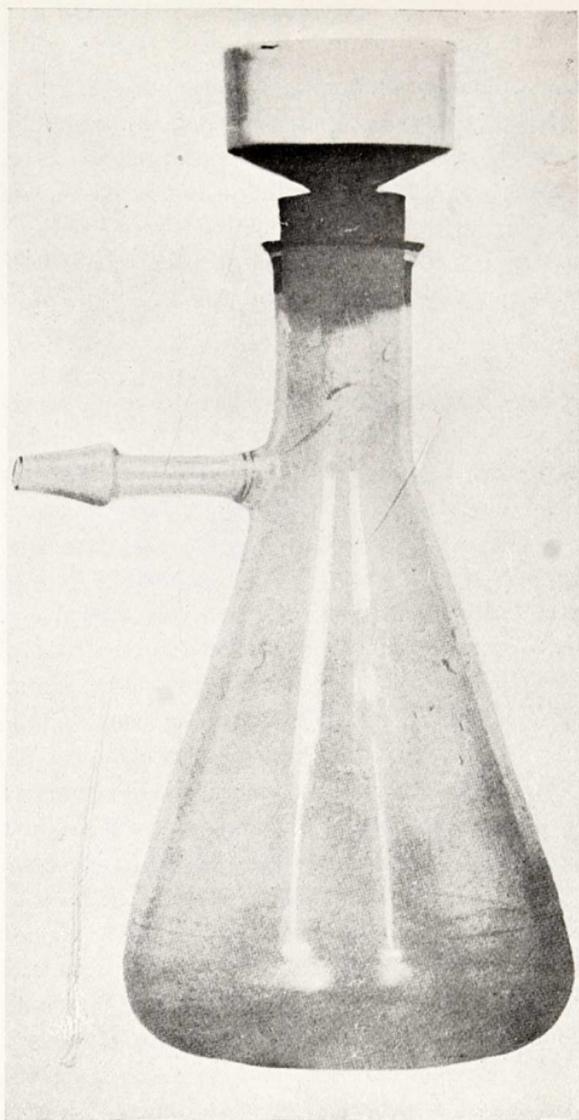
3. Se adapta el embudo a un Kitasato y se llena con agua, haciendo el vacío, reemplazando el agua y repitiendo esta operación hasta que el suelo está bien asentado. Al cabo de los cuatro a cinco minutos el agua drena muy lentamente.

Se aconseja proseguir la succión durante diez minutos, a partir del momento en que desaparece el agua que cubra el suelo.

Se cubre el embudo con una tela húmeda, que impide la evaporación y humedece el aire que atraviesa el suelo.

Se pesa nuevamente el embudo con la tierra húmeda, y con estos datos se calcula fácilmente el porcentaje de humedad equivalente referida a la tierra desecada al aire.

Es conveniente expresar este porcentaje en función de la tierra desecada a 110° C., lo que se hace fácilmente una vez determinada el agua higroscópica.



Dispositivo para la determinación de la humedad equivalente, según Bucyucos.

OBSERVACIÓN.

Para esta determinación he encontrado cómodo el empleo de las cápsulas cilíndricas de porcelana con fondo plano agujereado, Berlin, adoptando el tamaño menor, de dimensiones muy aproximadas a las del Buchner. Estas cápsulas son más cómodas para pesar, y el vacío se efectúa colocándolas sobre una pieza especial que se adapta al Kitasato. La unión de la cápsula y la alargadera es perfecta, pues la superficie de ésta y el borde inferior de la cápsula están esmerilados.

CONTENIDO DE HUMEDAD EN EL PUNTO DE ADHERENCIA [27, 28].

Se extienden sobre una placa de vidrio 10 g. aproximadamente de tierra, en capa delgada, y se agrega agua destilada en chorro fino hasta que el suelo esté perfectamente húmedo y adherente. Se trabaja la masa con una cápsula hasta convertirla en una pasta homogénea. Es muy apropiada para esta operación una espátula con mango de madera y hoja de acero flexible, de 13 cm. de largo y 2 1/4 cm. de ancho, aproximadamente.

Si la masa quedó demasiado flúida, se agrega algo de tierra, y si demasiado seca, algo de agua.

Se arranca la masa, raspando, de la placa de vidrio y se amasa a mano hasta que se alcanza precisamente el estado en que no se adhiere ni a las manos ni al cuchillo. En este estado es posible cortar la masa plástica con un cuchillo, dejando un corte limpio.

Se toma una muestra del suelo amasado, se pesa y se determina la humedad a 110° C., constituyendo éste la humedad en el punto de adherencia (H. P. A.).

Se efectúa la determinación, por lo menos por duplicado, para cada suelo que generalmente no difiera en más del 1 %.

$$\text{Índice de textura de HARDY} = \text{H. P. A.} - \frac{\text{porcentaje de arena}}{5}$$