

AGUA en el SUELO

Del total de agua dulce que hay en la Tierra, casi el 80 % está en forma de hielo.

Bajo forma líquida, cerca de un 1 % se considera superficial, y de ella, en los suelos, habría entre un 20 y un 40 % utilizable para las plantas.

Es por ello que el agua del suelo es tan importante para los ecosistemas terrestres.

- * **Importancia:**
 - a- Nutrición de plantas.
 - b- Formación del suelo.
 - c- Evapotranspiración.
 - d- El agua del suelo junto a los nutrientes forman la solución del suelo.
 - e- El agua controla en un alto grado dos factores importantes para el desarrollo de las plantas: el aire y la temperatura del suelo.

- * **Suelo:**

Espacio ocupado por sólidos: 40-70 %

Espacio poroso: 100 - sólidos

El suelo esta constituido por partículas minerales y orgánicas, de muy diversos tamaños. Si bien pueden estar separadas, algunas de estas partículas están unidas entre sí formando agregados.

Entre partículas y agregados existe un sistema de poros interconectados que tienen diferentes formas y tamaños.

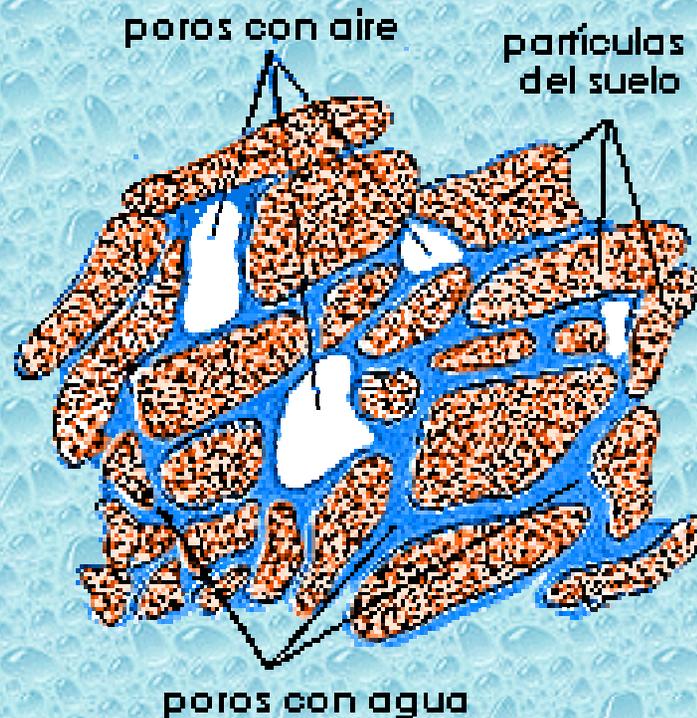
Los poros más pequeños se encuentran ocupados por agua y los mayores por aire.

La estructura del suelo, permite que el mismo funcione como un soporte físico, que proporciona agua, aire y nutrientes a las raíces de las plantas.

En el estudio del agua del suelo, es necesario tener en cuenta ciertos términos:

- **Infiltración:** es la velocidad con que entra el agua en el perfil del suelo.
- **Permeabilidad:** es el movimiento del agua en flujo saturado en cada uno de los horizontes del suelo.
- **Drenaje:** es la eliminación de agua de superficie por infiltración, permeabilidad y escurrimiento.
- **Escurrimiento:** es la eliminación del agua superficial debida al relieve.

La solución del suelo circula por el espacio poroso, queda retenida en los huecos del suelo y está en constante competencia con la fase gaseosa, viéndose influida constantemente por los cambios climáticos estacionales, y en especial las precipitaciones.



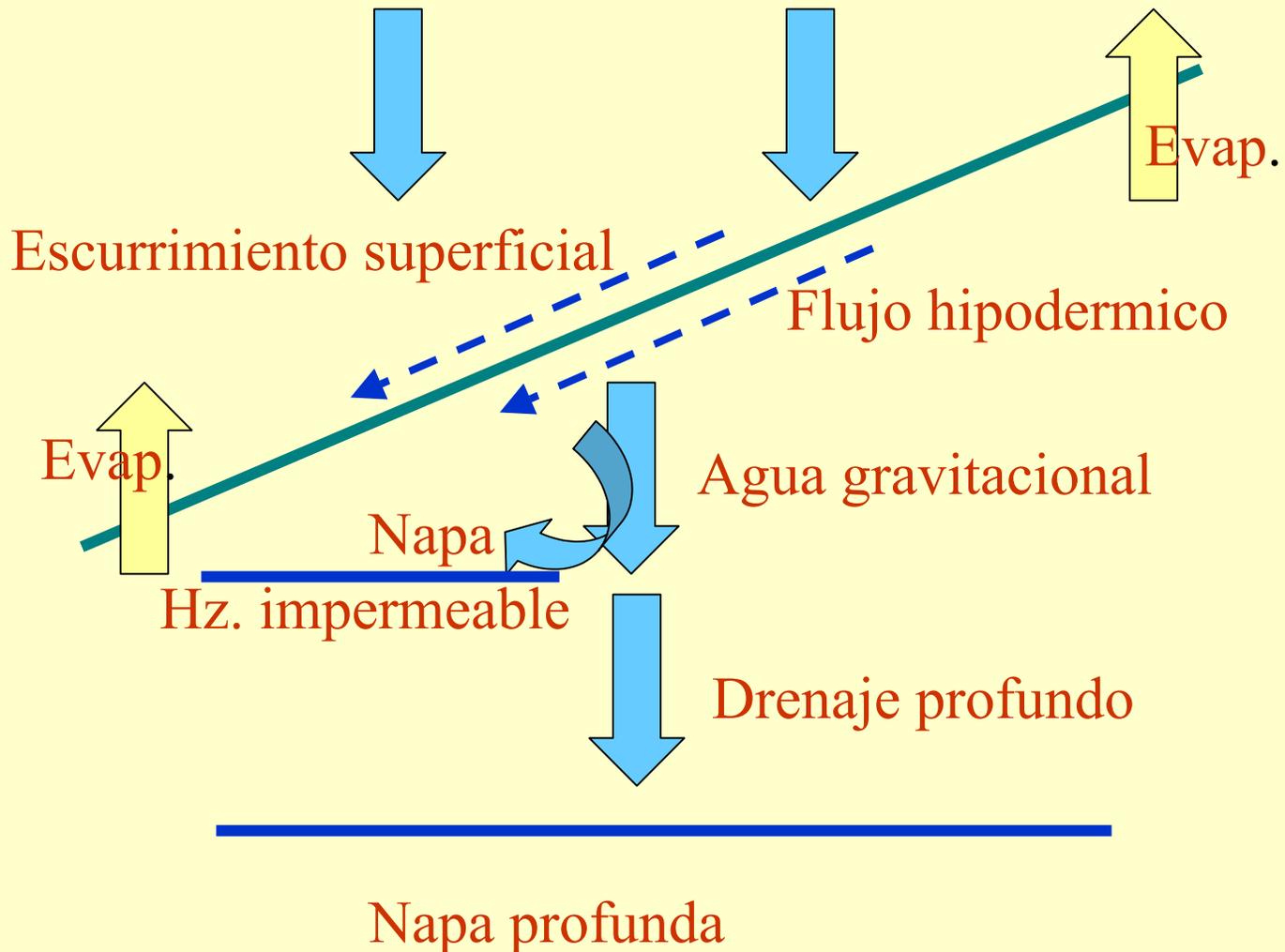
Formas de agua en el suelo

- **Agua gravitacional:** es el agua que pierde un suelo saturado por gravedad.
 - De escurrimiento rápido (poros de < 50 micras).
 - De escurrimiento lento (poros de 10-50 micras).
- **Agua retenida:** es el agua retenida por el suelo en los poros más finos (< 10 micras).
 - Higroscópica: atraída electrostáticamente por coloides e iones.
 - No higroscópica: agua capilar.

Del agua de lluvia que llega al suelo:

- Parte se evapora.
- Parte escurre por la superficie (arrastrando materia en suspensión).
- Parte infiltra en los suelos en un flujo que puede ser saturado o no, llevando materiales en solución y/o suspensión por los poros gruesos (> 50 micras, rápido) y medios (10-50 micras, lentos). Puede quedar retenida en horizontes impermeables.
- Parte se pierde por drenaje profundo.
- Parte queda retenida por el suelo.

lluvia



Escurrimiento superficial

Flujo hipodermico

Evap.

Agua gravitacional

Napa

Hz. impermeable

Drenaje profundo

Napa profunda

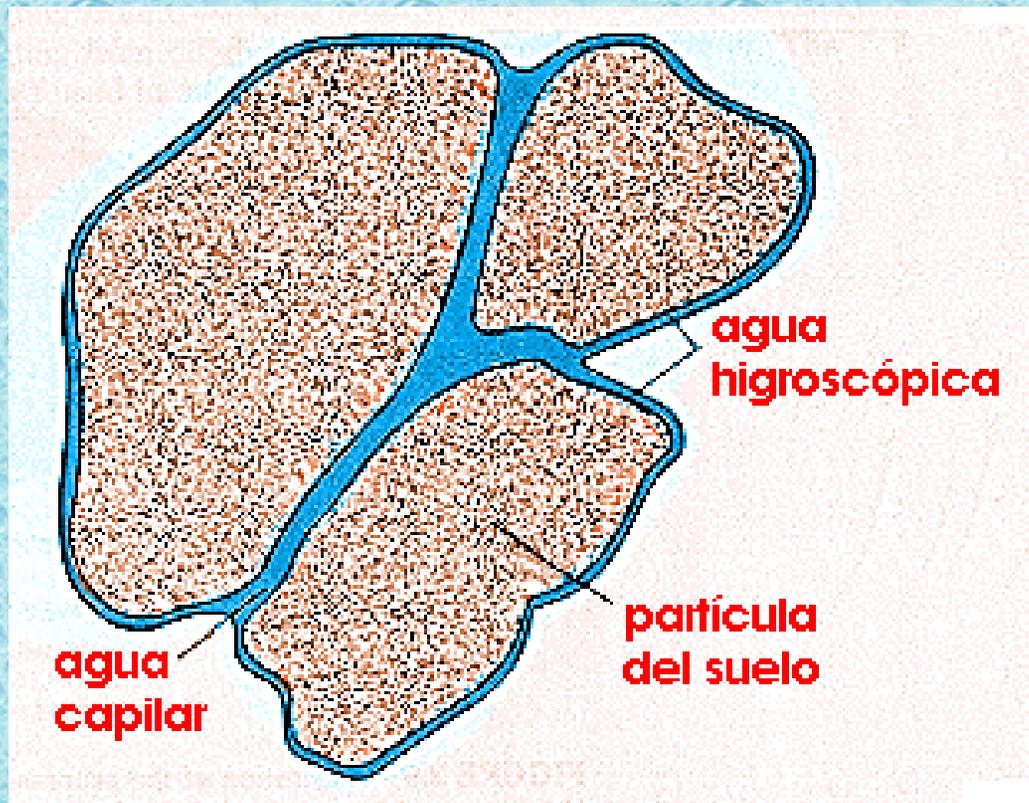
Mecanismos de retención del agua por parte del suelo

- **Higroscopicidad (agua higroscópica).**

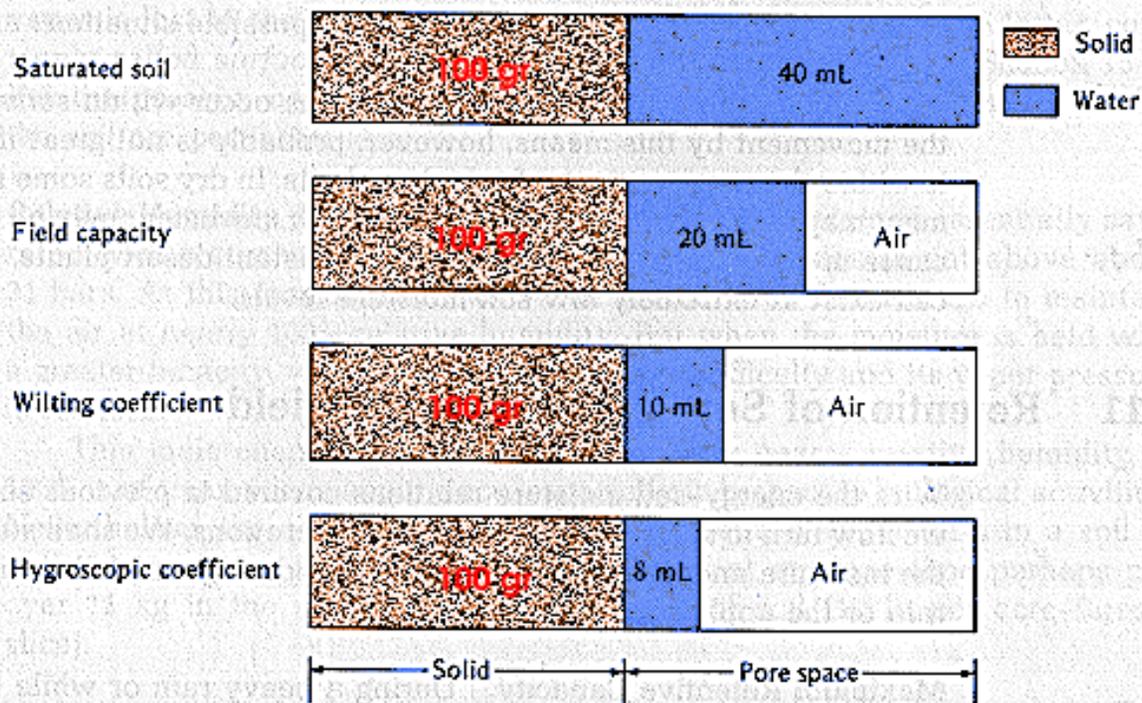
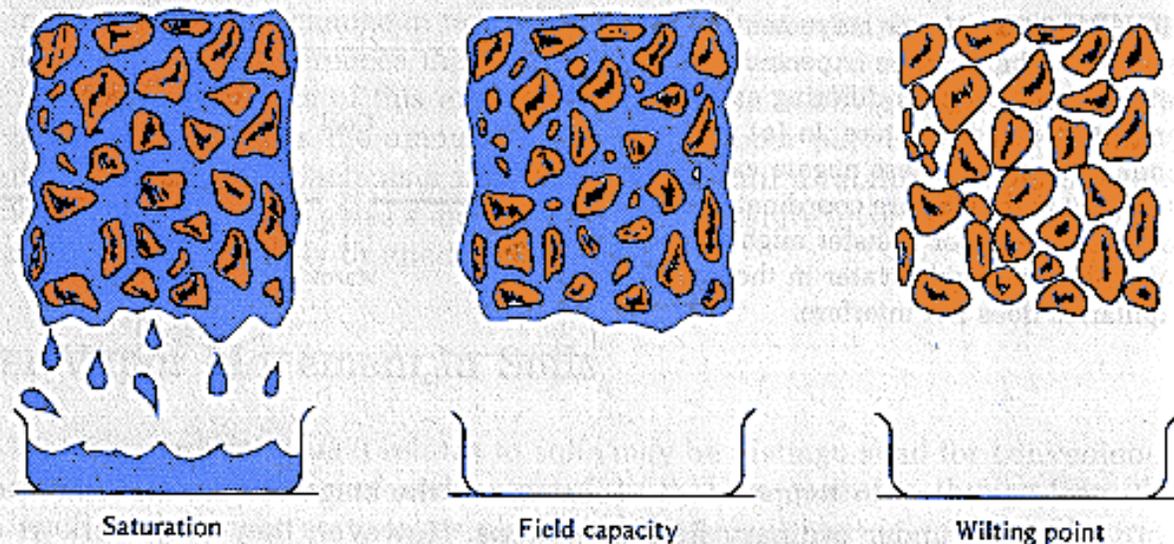
Debido al carácter dipolar del agua, su extremo es atraído por las cargas negativas del coloide, por lo cual se forma una nueva capa superficial negativa que orienta y retiene otra capa de agua, llegando a 3 o 4 capas.

- **Coefficiente higroscópico:** máxima proporción de agua que retiene un suelo en forma higroscópica y es igual al H% que un suelo es capaz de adsorber a partir de una atmósfera con 100% de humedad.

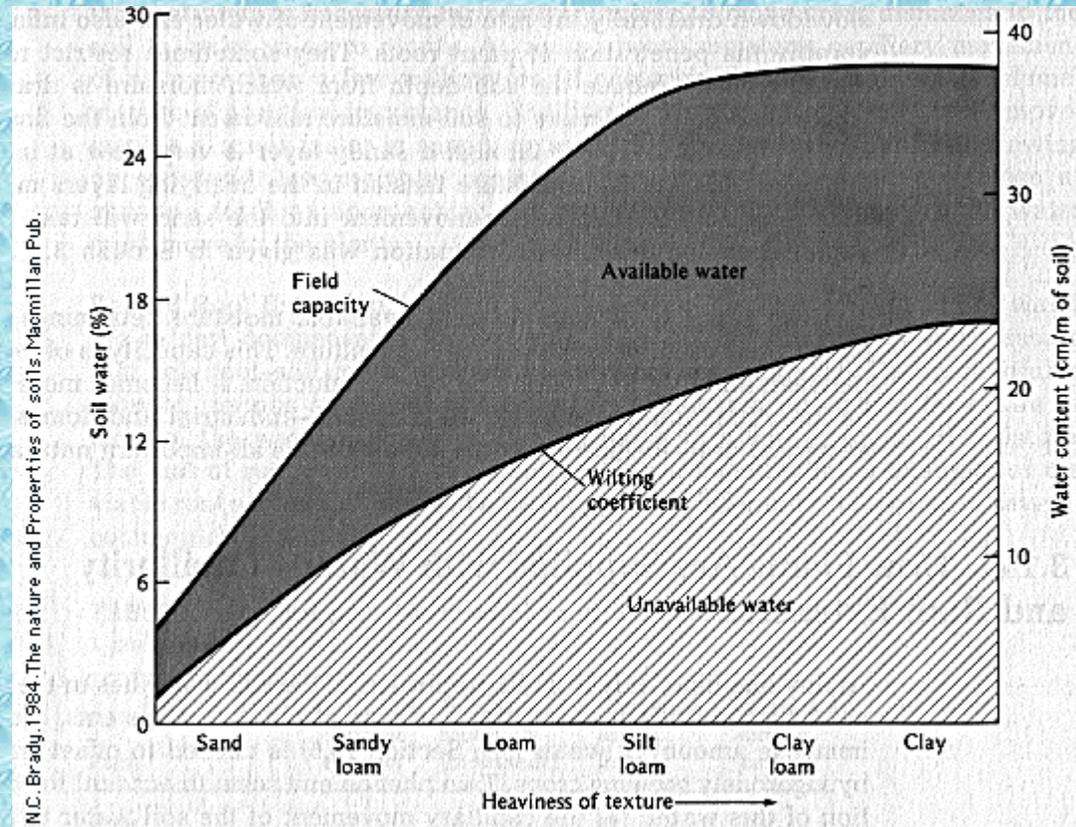
- **Capilaridad:** debido a su pequeño tamaño algunos poros del suelo retienen agua por capilaridad y la fuerza con que la retienen es inversamente proporcional a su tamaño. Es un fenómeno de adhesión.
- **Repulsión de partículas:** en el suelo la concentración de cationes cerca de los coloides (doble capa difusa) es mayor que en el seno de la solución, aumentando el potencial osmótico entre las micelas tendiendo el agua a fluir a esa zona, separándose las láminas de arcilla y así el sistema se hincha.



En el esquema adjunto se puede observar el movimiento del agua a medida que transcurre el tiempo.

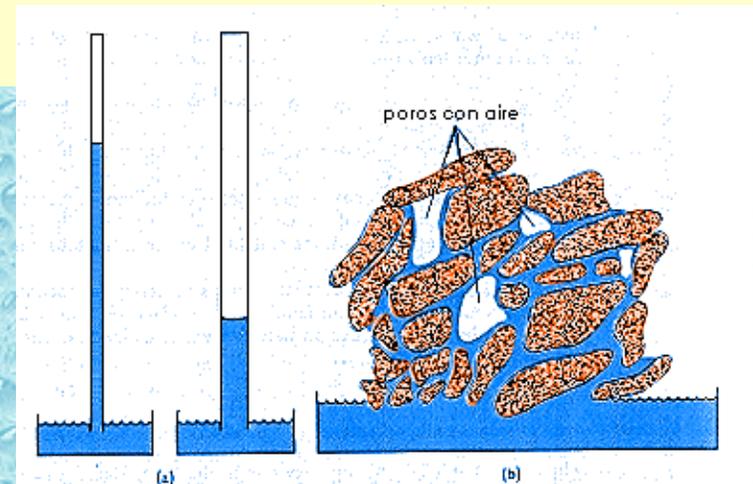
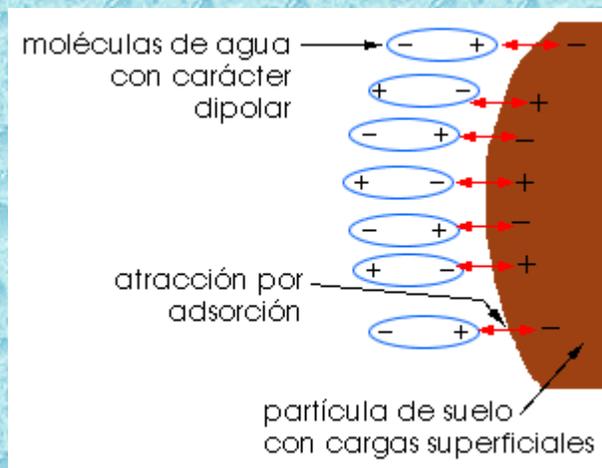


El gráfico muestra el agua disponible y no disponible para las plantas dependiendo de la textura del suelo.



El Potencial matricial es debido a dos fuerzas, adsorción y capilaridad. La atracción por adsorción se origina como consecuencia de que en la superficie de las partículas sólidas existe una descompensación eléctrica. De esta forma las moléculas de agua actúan como dipolos y son atraídas por fuerzas electrostática.

También, el agua queda retenida por capilaridad en los microporos.



El efecto capilar se puede demostrar colocando un fino tubo capilar sobre una superficie de agua libre. El agua asciende por el tubo, tanto más cuanto más delgado sea (más importancia tienen las paredes) (parte a del dibujo). En el suelo se forman tubos capilares en el contacto entre las partículas, por los que asciende el agua y queda retenida (parte b del dibujo).

Potencial Hídrico

$$\Psi = \psi_g + \psi_m + \psi_o$$

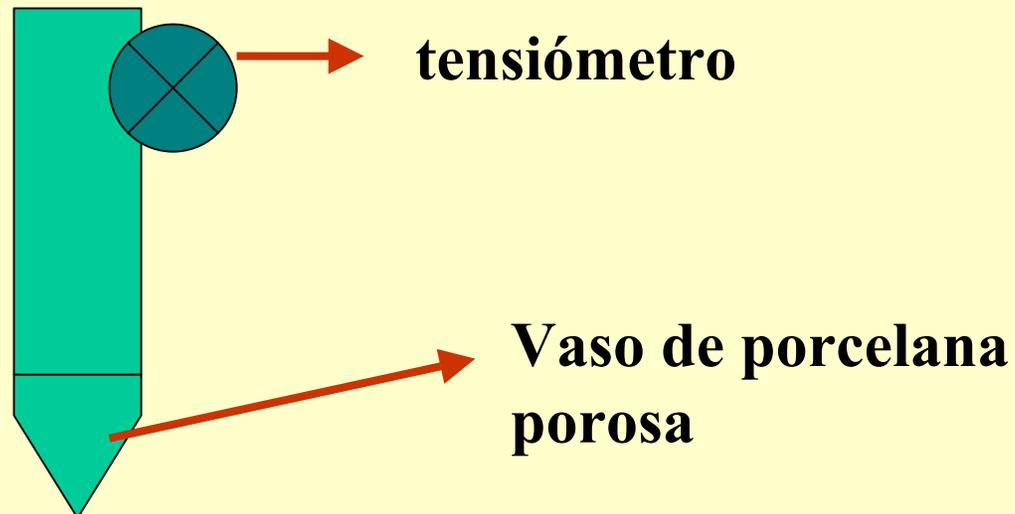
Ψ - potencial hídrico

Ψ_g - potencial gravitacional (infiltración del agua de lluvia por gravedad)

Ψ_m - potencial de matriz (fuerza de retención del agua por el suelo)

Ψ_o - potencial osmótico (en suelos salinos)

Potencial: diferencia de energía que se expresa en bar o atmosferas
(1 atm=1.013bar) Se mide a través de un tensiómetro.



Potencial del agua del suelo:

Es la diferencia de energía libre por cc. que existe entre el agua en un punto bajo consideración en el suelo y el agua libre, pura, ubicada a la misma altura, sometida a la misma presión y a la misma temperatura.

Potencial de matriz.

Es la diferencia de energía libre por cc. que existe entre el agua en un punto bajo consideración en el suelo y la de una solución idéntica a la solución del suelo ubicada a la misma altura, somertida a la misma presión y a la misma temperatura.

Define la fuerza de retención del agua por el suelo.

Potencial osmótico.

Es la diferencia de energía libre por cc. que existe entre el agua de una solución idéntica a la solución del suelo y el agua libre, pura, ubicada a la misma altura, sometida a la misma presión y a la misma temperatura.

Es considerado en los suelos salinos.

Potencial gravitacional.

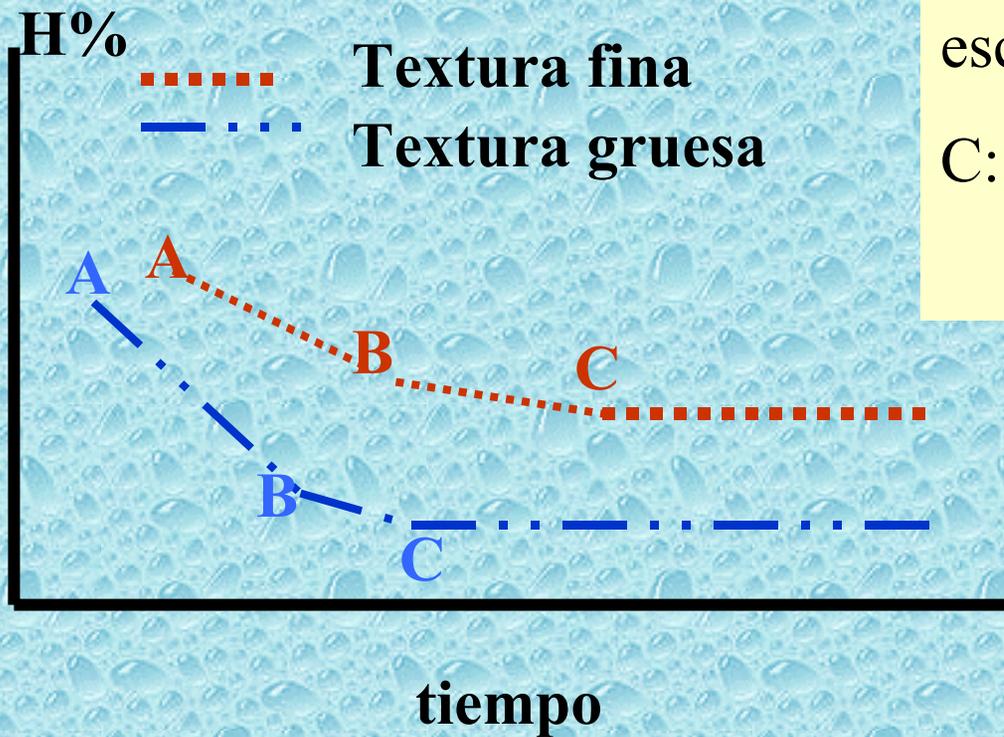
Es la diferencia de energía potencial por cc. que existe entre el agua del suelo en un sitio bajo consideración y el agua a una altura de referencia.

Infiltración del agua de lluvia por efecto de la gravedad.

Clasificación biológica de la humedad del suelo

- **Coeficiente de marchitez permanente (CMP):** es el contenido máximo de humedad del suelo al cual las plantas permanecen marchitas, en ausencia de demanda atmosférica.
- Los valores de ψ_m están entre -10 y -20 bar

- **Capacidad de campo (CC):** es el agua que permanece retenida en el suelo luego de una lluvia y pasadas 24 hs.
- Es el contenido de humedad a 1/3 bar.
- Por encima de CC el agua se pierde rápidamente y todos los poros están llenos de agua y la falta de aireación impide la absorción.
- **Agua disponible:** es la diferencia entre capacidad de campo (CC) y coeficiente de marchitez permanente (CMP).



A: Contenido de humedad a saturación completa.

A-B: Agua de escurrimiento rápido.

B-C: Agua de escurrimiento lento.

C: Capacidad de campo.

Movimiento del agua en el suelo

Se realiza a través del espacio poroso y ocurre como consecuencia de diferencias en el potencial del agua.

- Por acción de la gravedad.
- Por diferencia del potencial de matriz.
- Por combinación de ambas.

El movimiento de puede dividir en:

Flujo saturado: por poros grandes (porosidad no capilar) bajo la acción de la gravedad y el suelo está saturado.

Flujo no saturado (movimiento capilar): por poros más pequeños y por diferencia de potencial de matriz

El movimiento del agua en el suelo está regido por la Ley de Darcy.

Expresa la relación entre la velocidad de flujo y el gradiente de potencial.

$$v \text{ (cm/día)} = -k \cdot d \phi / dz$$

v: velocidad de flujo.

k: constante de proporcionalidad (conductividad hidráulica).

$d \phi / dz$: gradiente de potencial.

Velocidad de Infiltración

Es la velocidad con que el agua pasa del exterior al interior del perfil. Es importante en la relación suelo planta.

Si es pequeña: bajo porcentaje penetra al suelo, y escurre superficialmente favoreciendo procesos de erosión.

Si es grande: se pueden originar problemas de exceso en presencia de horizontes impermeables.

¿De qué depende la cantidad de agua que se mueve en el perfil?

- De la cantidad de agua que recibe el suelo.
- De la capacidad de infiltración del suelo.
- De la cantidad de agua que el perfil pueda retener.
- De la textura.
- De la estructura.

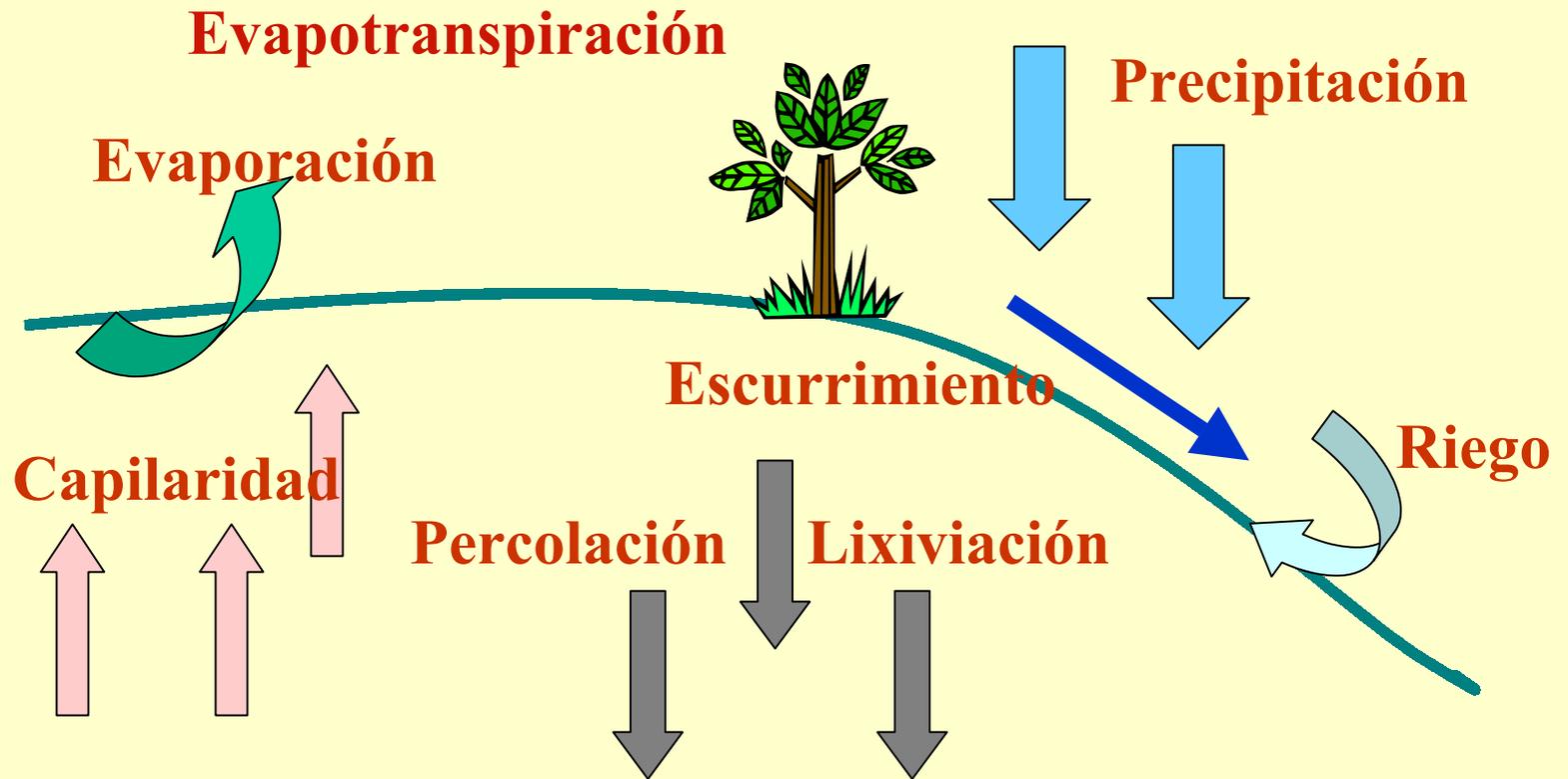
¿Cómo las plantas se proveen de agua?

Del total del agua que llega a la superficie del suelo, sólo una pequeña parte queda en la vecindad de la superficie de adsorción de las raíces.

El agua llega a las raíces por dos fenómenos:

- Movimiento capilar: las raíces van tomando el agua y esta se mueve por diferencia de potencial.
- Extensión radicular: elongación de raíces

Formas de pérdida de agua de los suelos



Efectos de la lluvia en el suelo

- Pérdida de agua por escurrimiento superficial.
- Pérdida de agua por drenaje profundo.
- Pérdida de nutrientes por lixiviación.
- Pérdida de suelos desnudos: erosión hídrica.

El agua tal vez sea el recurso que define los límites del desarrollo sostenible.

Recordando que es un recurso limitado, es importante, en su manejo, desde el punto de vista edafológico, tender a optimizar las entradas y minimizar las salidas.