

# Relaciones hídricas I



# RELACIONES HÍDRICAS. ECONOMÍA DEL AGUA.

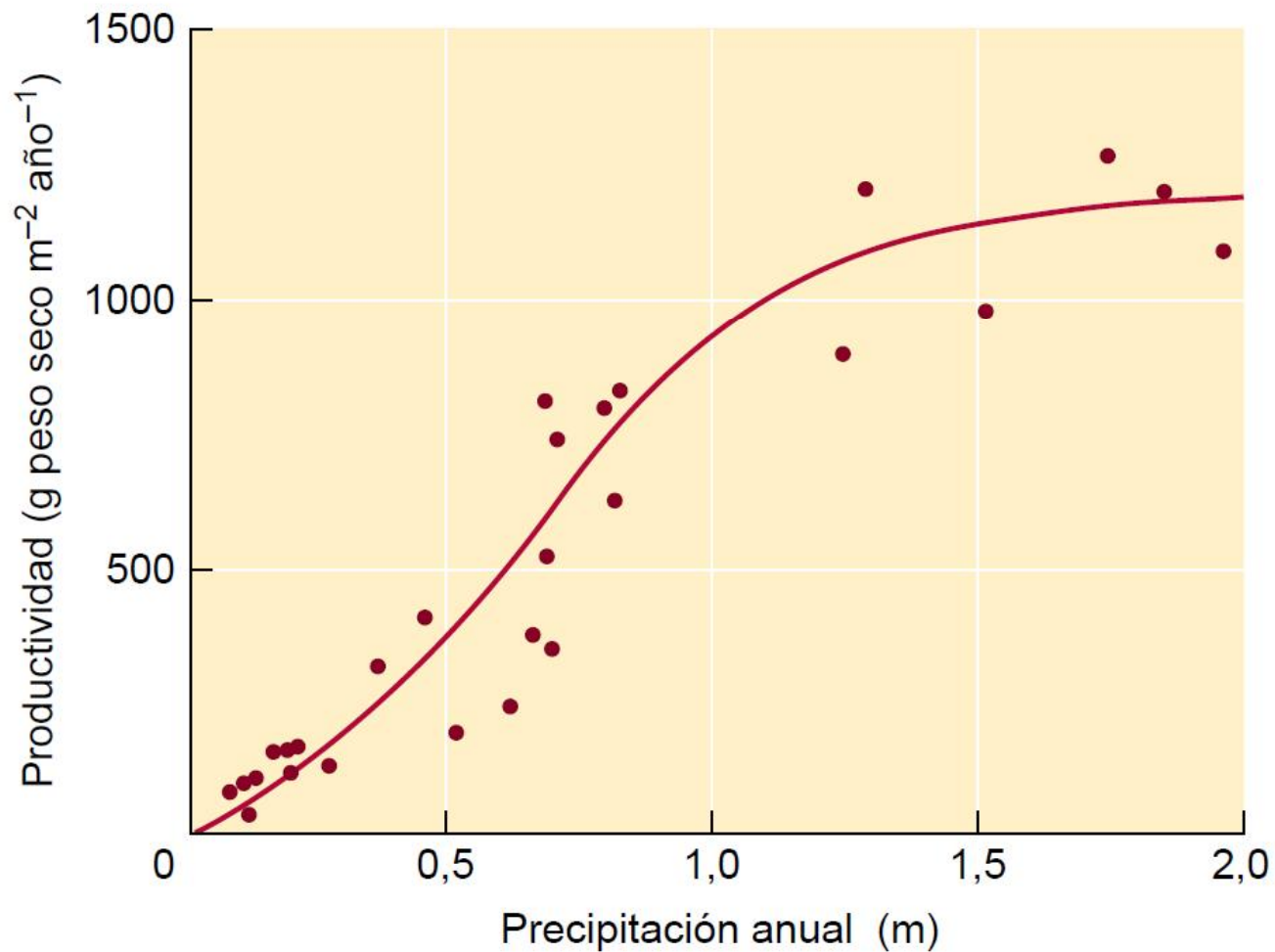
- Generalidades. Energía Libre. Potencial Químico.
- Potencial agua. Factores que lo afectan.
- El agua en la célula. Componentes.
- Relación suelo-planta-atmósfera.
- Apoplasto-simplasto.
- Transpiración-Gutación. Condiciones. Beneficios
- Mecanismo estomático. Conductancia-resistencias.
- Punto de marchitez temporaria y permanente.
- Eficiencia en el uso del agua.  $CO_2/H_2O$

- El agua cubre tres cuartas partes de la superficie de la Tierra.
- El 3% es agua dulce.
- De ese 3%, un 1% está en estado líquido, componiendo los ríos y lagos.
- El 2% restante se encuentra formando [casquetes polares](#) en las [latitudes](#) próximas a los polos.



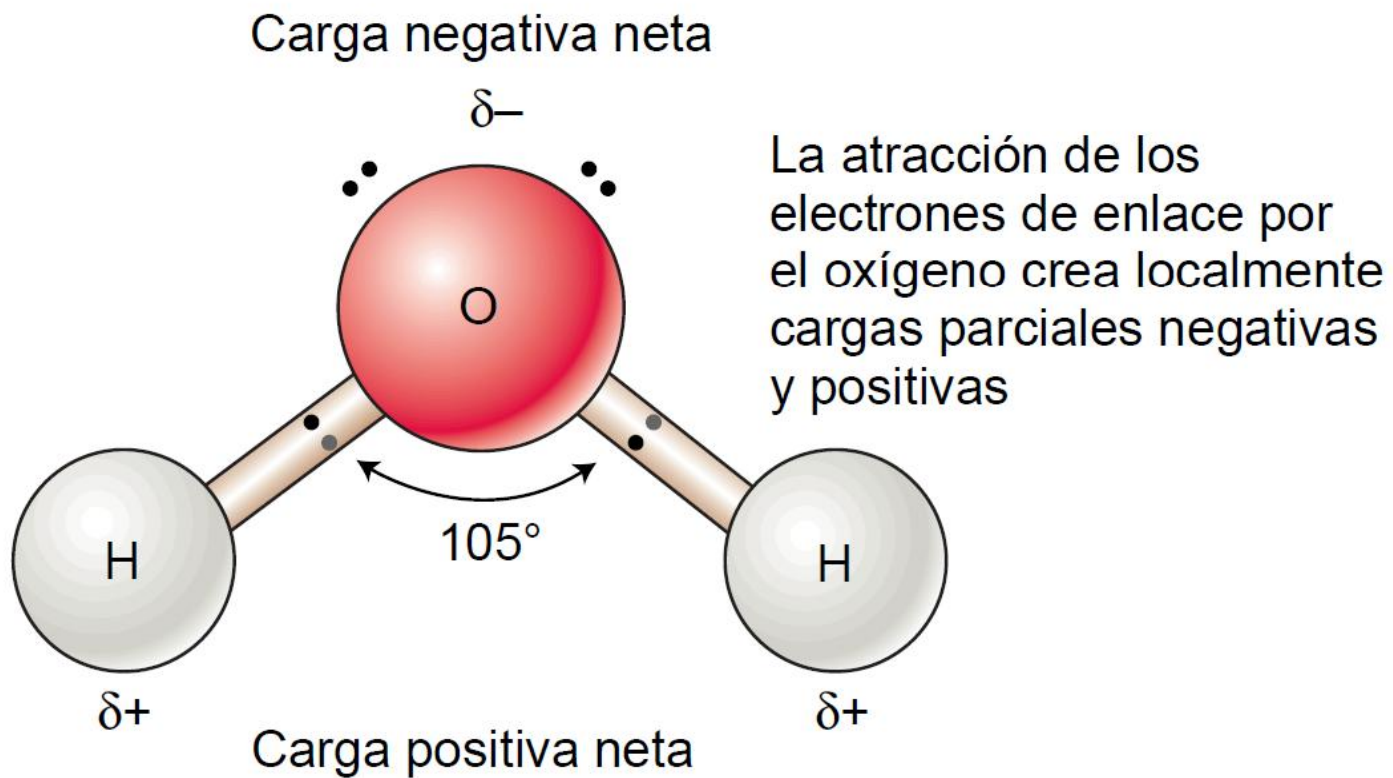
- El agua representa entre el 10% y el 90% de la masa de los seres vivos.
- Es una sustancia relativamente abundante aunque sólo ocupa el 0,02% de la masa de la Tierra.
- Se mueve desde el suelo-planta-atmósfera.
- **Una planta para sintetizar 1 Kg de materia seca requiere entre 20 y 1000 litros de agua (97% del agua que las plantas absorben se pierde por transpiración).**
- **El manejo del agua en el cultivo es una actividad agronómica estratégica.**

# Productividad de varios ecosistemas en función de la precipitación anual.



# PROPIEDADES DEL AGUA

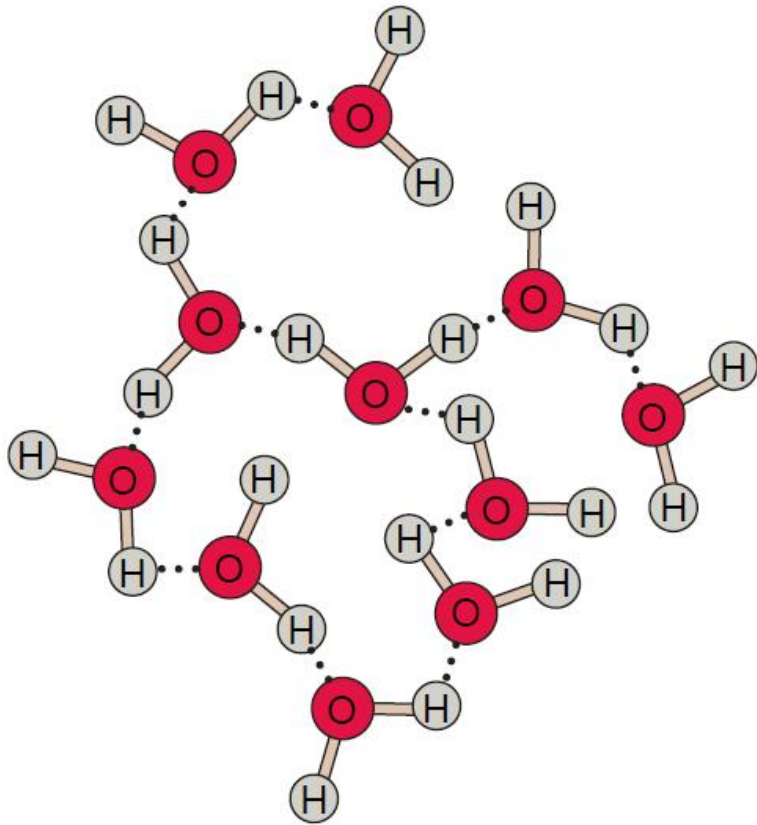
- ES UNA SUSTANCIA ANÓMALA



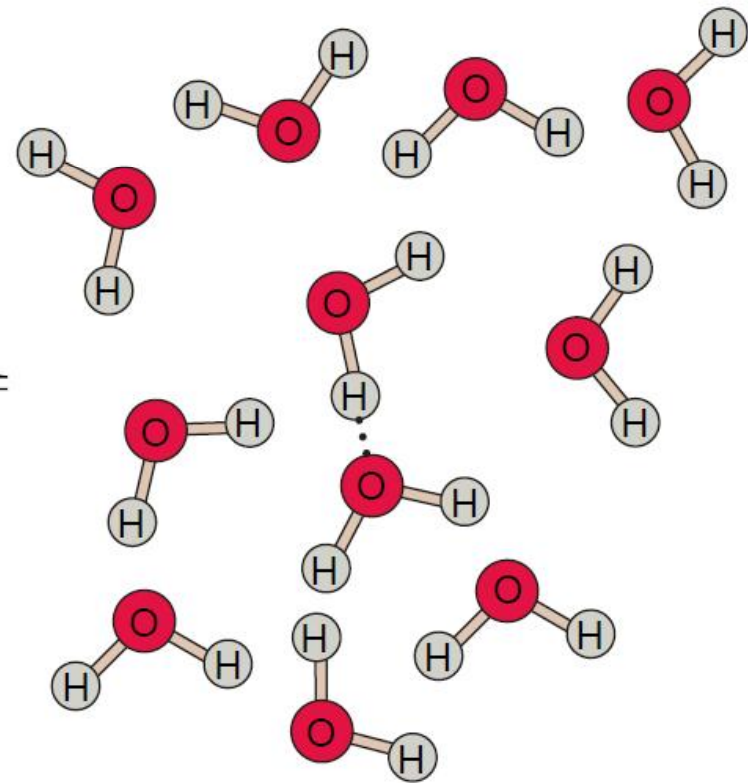


- A) Uniones hidrógeno entre moléculas de agua.**  
**B) La agitación térmica continua provoca la ruptura de los agregados originando configuraciones al azar.**

(A) Configuración organizada



(B) Configuración al azar





- El punto de ebullición del agua a presión de una atmósfera, es de 100 °C
- El punto de congelación es de 0 °C
- La densidad máxima del agua líquida es 1 g/cm<sup>3</sup>, alcanzándose este valor a una temperatura de 4,0 °C
- La densidad del agua sólida es menor que la del agua líquida a la misma temperatura, 0,917 g/cm<sup>3</sup>

- Calor latente de fusión del hielo a 0 °C: 80 cal/g (ó 335 J/g)
- Absorbe radiación infrarroja
- Transparente a la radiación visible (400-700 nm)

- El agua es considerada un disolvente universal, por ser una molécula polar, interactúa con moléculas con carga positiva o negativa.

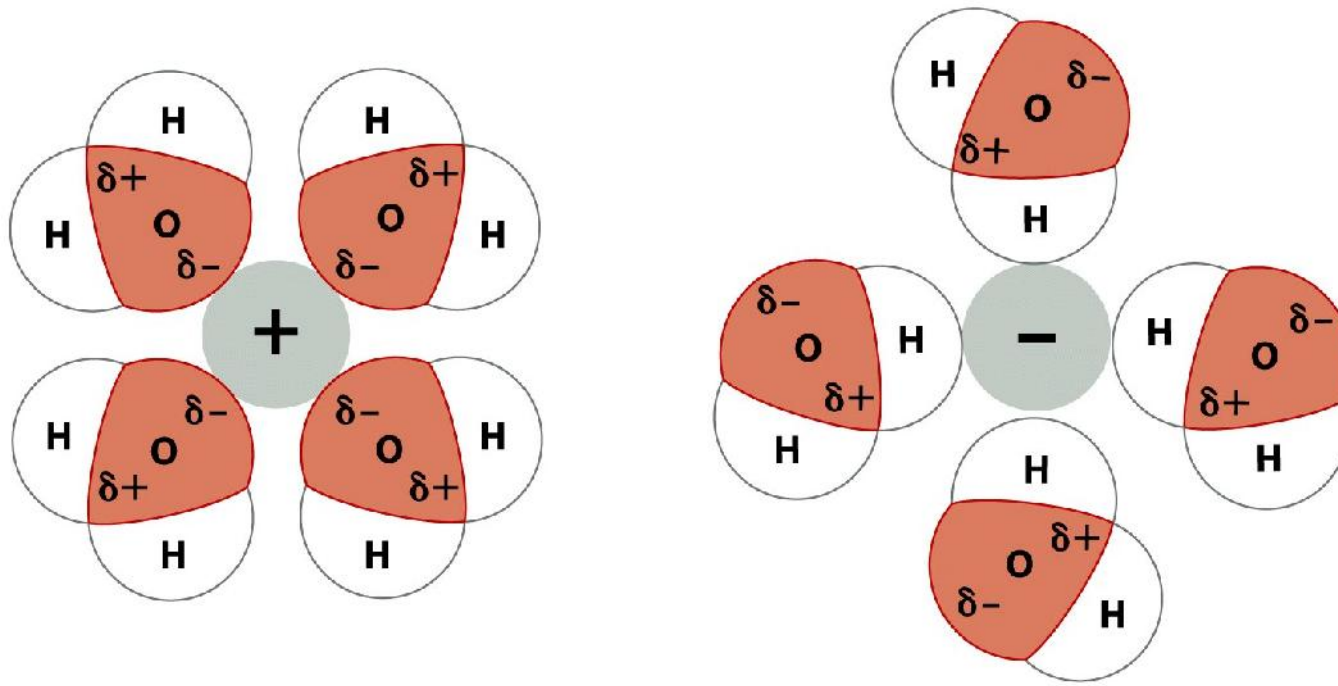


Figure 2-14 *Molecular Biology of the Cell* (© Garland Science 2008)

## Consecuencia de los puentes de Hidrógeno

Elevado calor específico:

Cantidad de energía que hay que proporcionar a una sustancia para que su temperatura aumente en una unidad.

A 20 ° C:  $4182 \text{ J kg } ^\circ\text{C}^{-1}$

## Consecuencia de los puentes de Hidrógeno

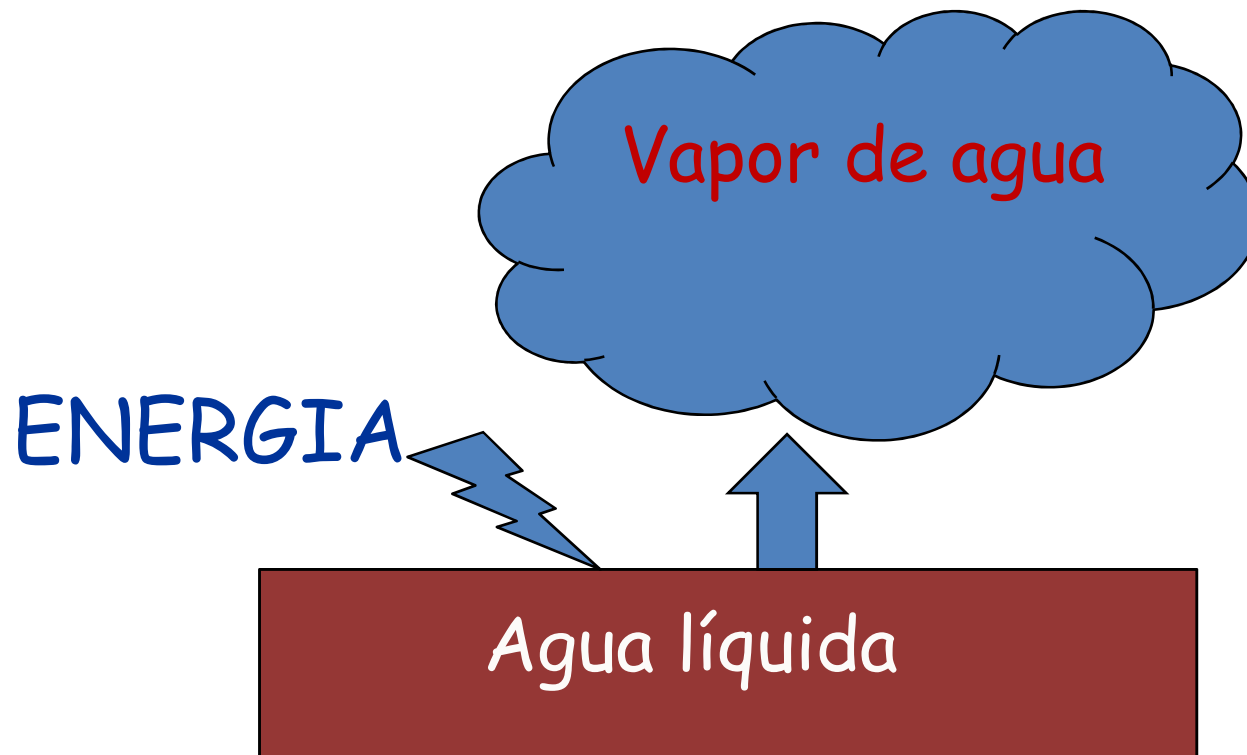
Elevado calor latente de vaporización:

Energía que se necesita para transformar una sustancia del estado líquido al gaseoso sin que varíe la temperatura.

A 25 °C: 44 KJ mol

A 100 °C: 40,7 KJ mol

Hace falta una gran cantidad de energía para evaporar el agua: Efecto refrigerante de la transpiración



## Consecuencia de los puentes de Hidrógeno

Las moléculas tienen una gran cohesión entre si:

Desarrollo de la tensión superficial (importante para el movimiento del agua en el xilema)





El agua se mueve desde el suelo hasta la atmósfera : continuo suelo-planta -atmósfera



El movimiento del agua en el continuo suelo - planta – atmósfera es afectado por:

# LIQUIDA → Presión hidrostática (flujo masal)  
Ósmosis  
Tensión superficial y capilaridad  
Adsorción a sólidos  
Energía potencial gravitatoria

# VAPOR DE AGUA → Difusión (gradiente de concentración)

Para cada una de las situaciones se usaban terminologías distintas.

Por eso se desarrolló el concepto de potencial agua, que engloba a todos estos factores.

**POTENCIAL AGUA DEL  
SISTEMA  
Suelo-Planta- Atmósfera  
 $\Psi$**

- 1) ¿En qué unidades se expresa?
- 2) ¿Qué valor se le asigna al potencial hídrico del agua pura?

## Definición de potencial agua

$$j_1 = \frac{\tilde{\mu} - \tilde{\mu}_0}{qV}$$

$\tilde{\mu}$  = potencial químico (energía libre de Gibbs por mol) del agua en el sistema.

$\tilde{\mu}_0$  = potencial químico del agua pura a la presión atmosférica y la misma temperatura

$qV$  = volumen molar parcial del agua.

Unidades del potencial químico : energía / mol = J / mol

Unidades del volumen molar parcial : m<sup>3</sup> / mol

Unidades del potencial agua

$$[\Psi] = \frac{\text{J}}{\text{mol}} \times \frac{\text{mol}}{\text{m}^3} = \frac{\text{N} \times \text{m}}{\text{m}^3} = \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = \text{Pa}$$

Se utiliza habitualmente el **MPa** (Mega Pascal)

Potencial del agua pura en condiciones estándar: (presión atmosférica y 25 °C): 0 por convención



La fuerza impulsora total está representada por el gradiente de energía libre del agua

El movimiento del agua se realiza

DE POTENCIALES MAYORES A POTENCIALES  
MENORES

# COMPONENTES DE $\Psi$

(potencial agua)

$$\Psi = \Psi_s + \Psi_p + \Psi_m + \Psi_g$$

Solutos

Presión

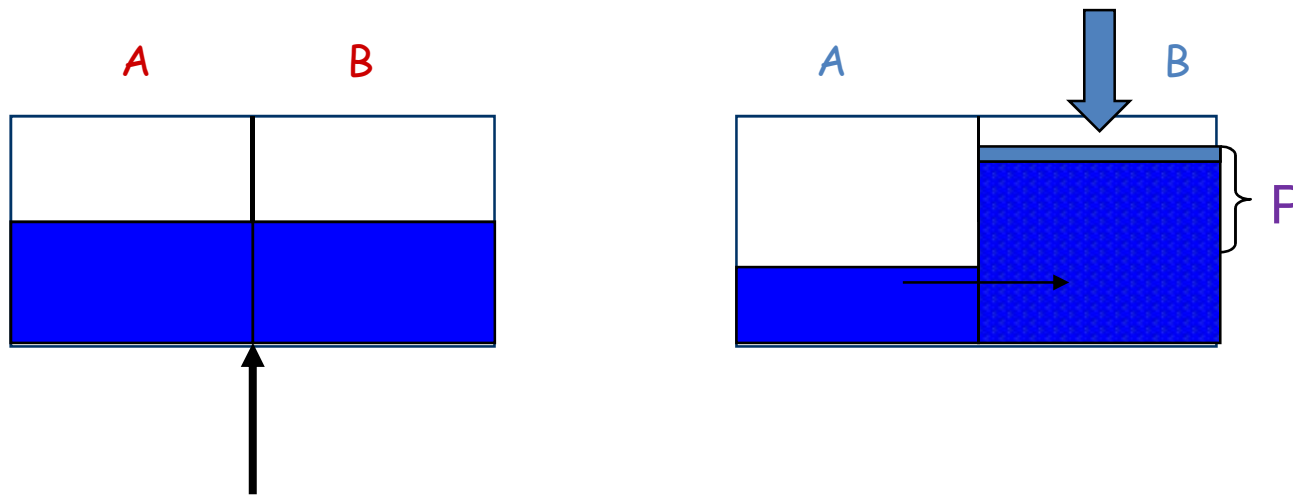
Matriz

Gravedad

Potencial soluto u osmótico ( $\Psi_s$ ) : se debe a la presencia de solutos iónicos o no iónicos.

Independientemente de la naturaleza del soluto, estos disminuyen la energía libre del agua.

## Potencial soluto u osmótico (-)



Membrana semipermeable perfecta: deja pasar sólo el solvente

\*El agregado de un soluto en B disminuye la energía libre: flujo de agua desde A hacia B

\* La diferencia de altura genera una presión osmótica ( $\Pi$ ) que compensa la disminución de la energía libre causada por el agregado del soluto

## Potencial soluto u osmótico (-)

Para una solución ideal (diluida) y un soluto que no se disocia, se usa la ecuación de Van't Hoff:

$$\Pi = RTC$$

$\Pi$  = presión osmótica

R = constante de los gases ideales

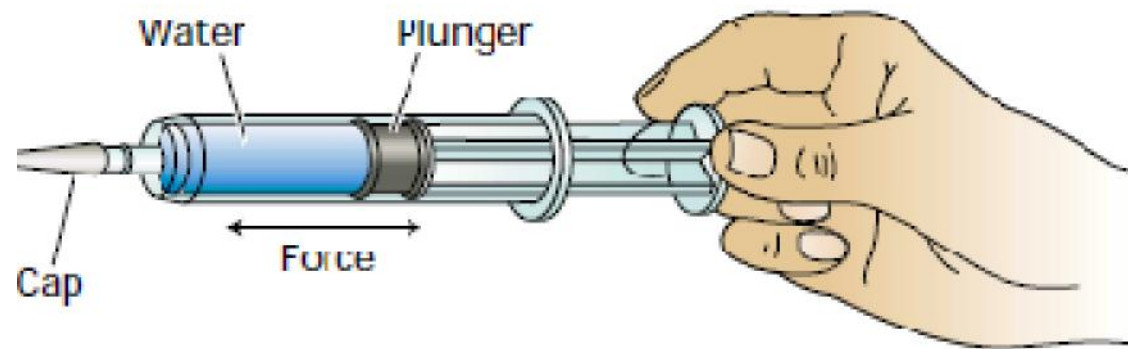
T = Temperatura absoluta

C = Concentración del soluto

$$\Psi_s = -\Pi = -RTC$$

Presión (+): aumenta la energía libre,  
aumenta el potencial agua

Tensión (-): disminuye la energía libre,  
disminuye el potencial agua



Potencial de presión ( $\Psi_p$ ) :

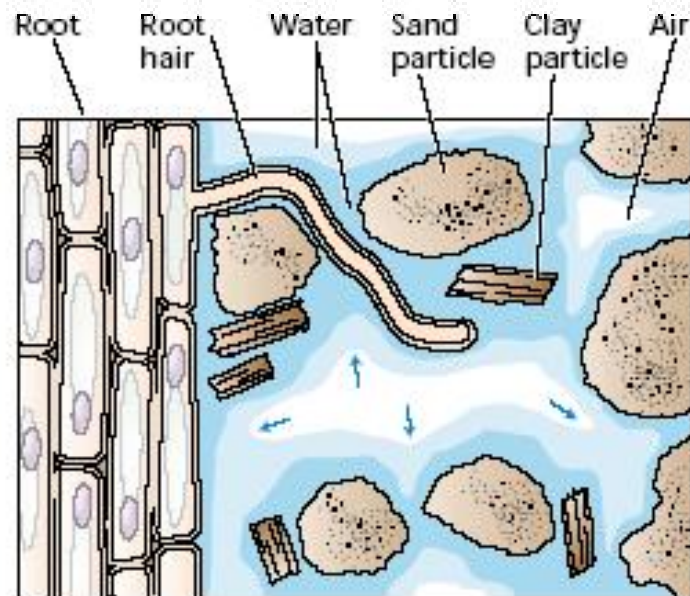
La presión positiva (mayor que la atmosférica) dentro de las células se relaciona con la TURGENCIA, es la presión que ejerce la membrana plasmática sobre la pared celular.



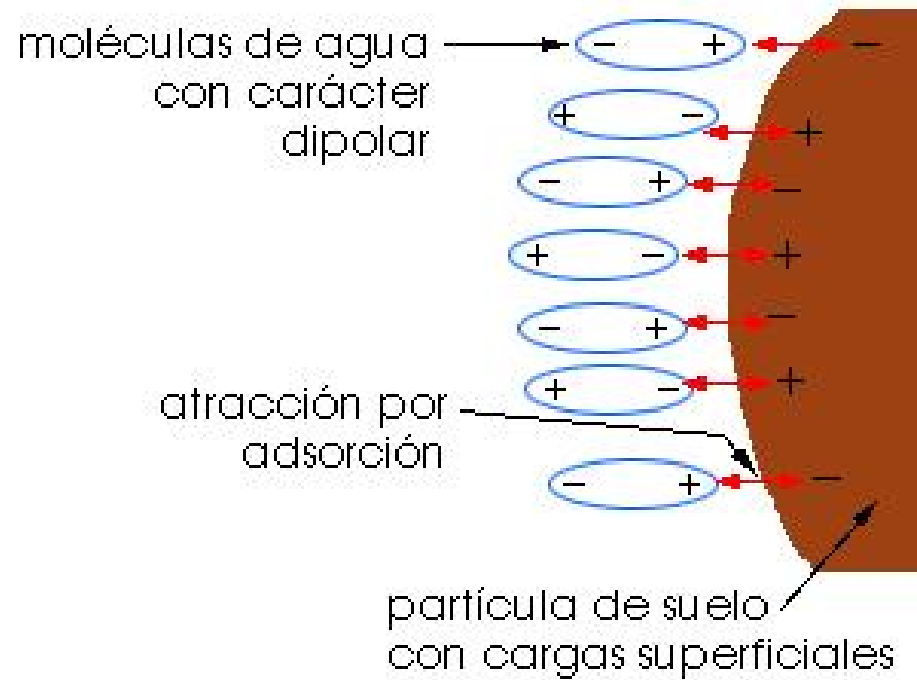
Potencial de presión ( $\Psi_p$ ) :

Una presión hidrostática negativa (menor que la presión atmosférica) se encuentra generalmente en el xilema y se conoce como TENSIÓN.

Potencial mátrico ( $\Psi_m$ ) :  
expresa la adsorción del agua  
a las sustancias coloidales y  
superficies celulares.



## Potencial mátrico (-)



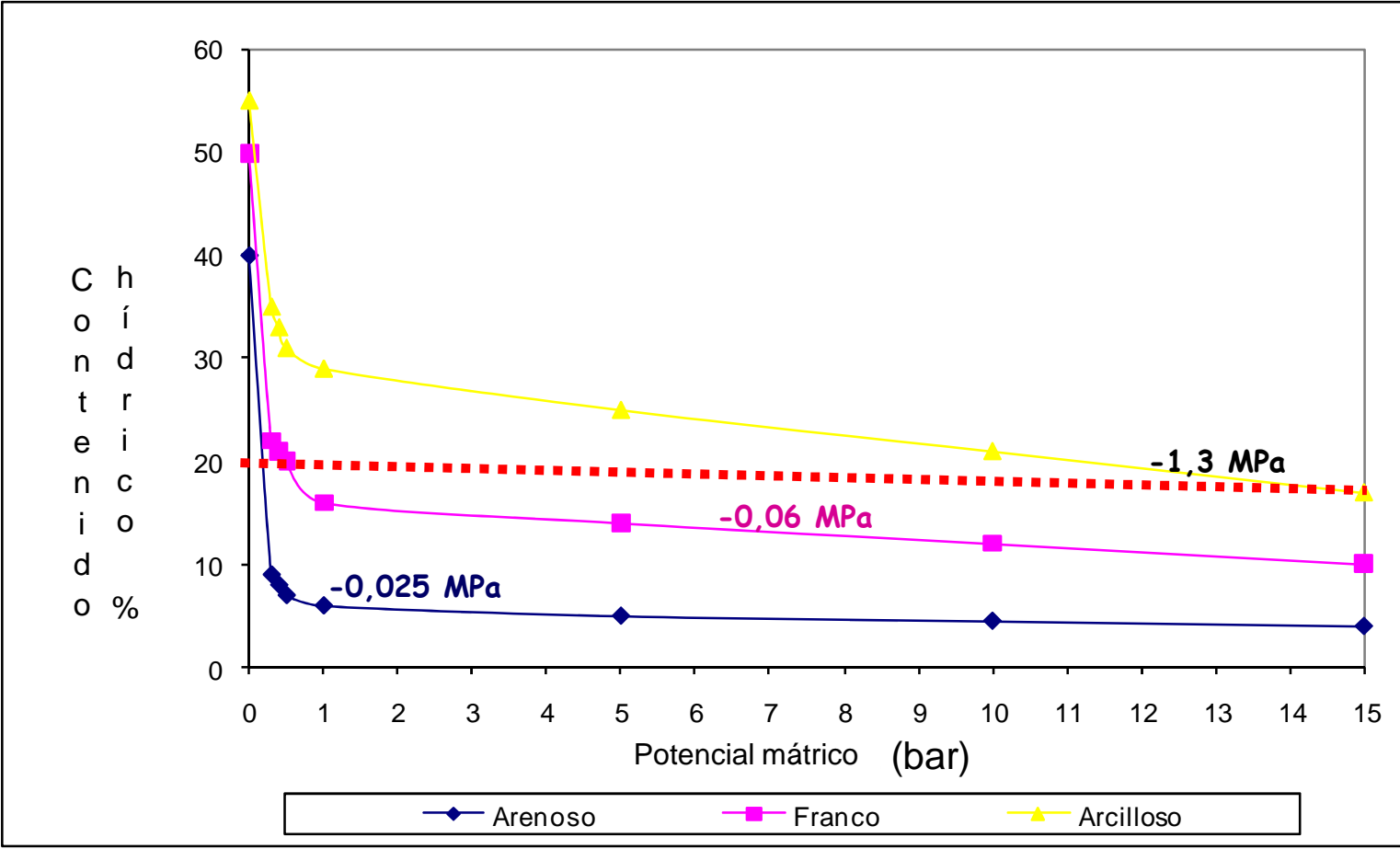
**Las partículas del suelo se clasifican de acuerdo a su tamaño en:**

**-Arenas (50-2000  $\mu\text{m}$ )**

**-Limos (2-50  $\mu\text{m}$ )**

**-Arcillas (< 2  $\mu\text{m}$ )**

Potencial mátrico: es distinto para diferentes tipos de suelo con el mismo contenido de agua

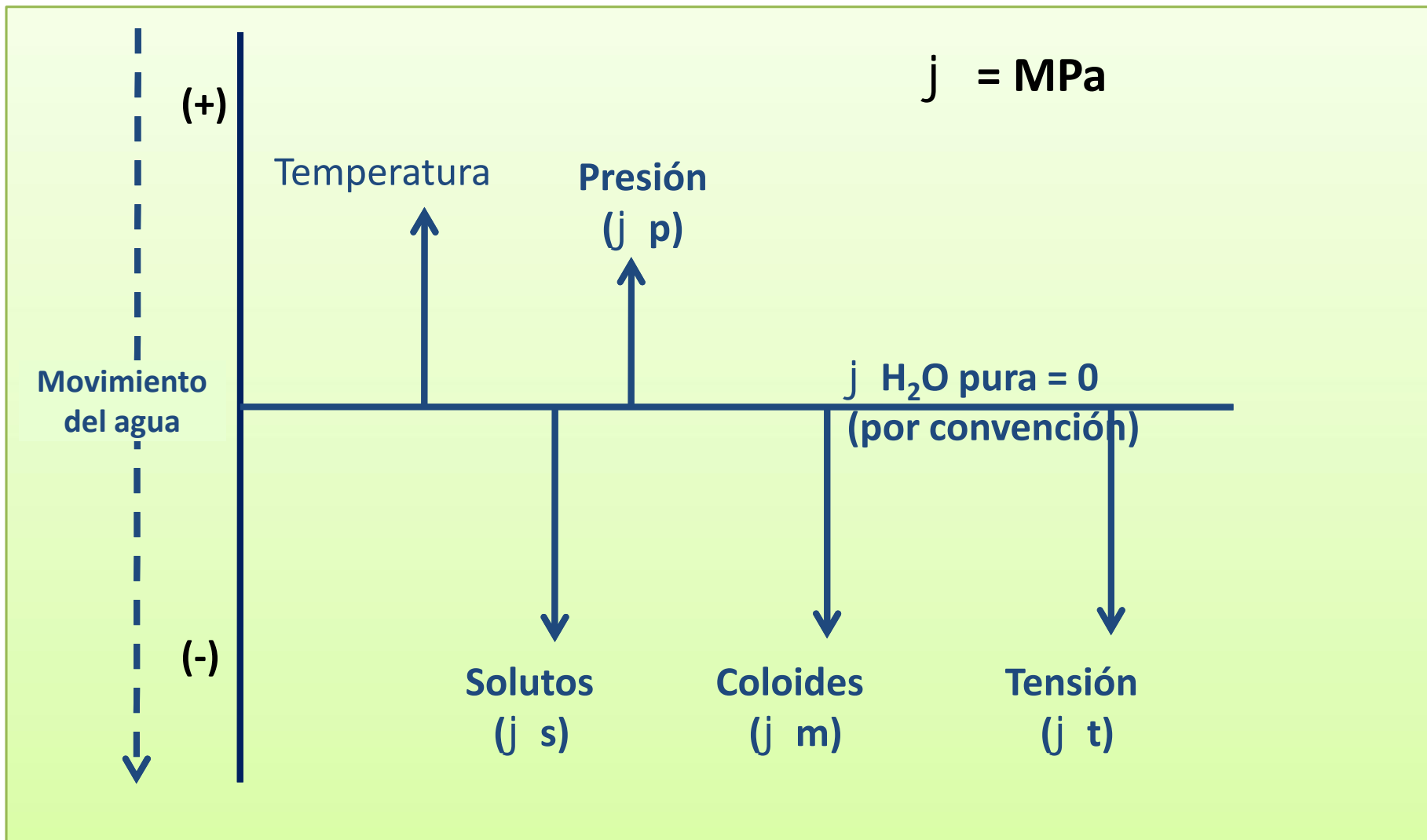


Potencial gravitacional ( $\Psi_g$ ) : depende de la altura y la atracción por la fuerza de gravedad.

$$\Psi_g = \rho_w g h (+)$$

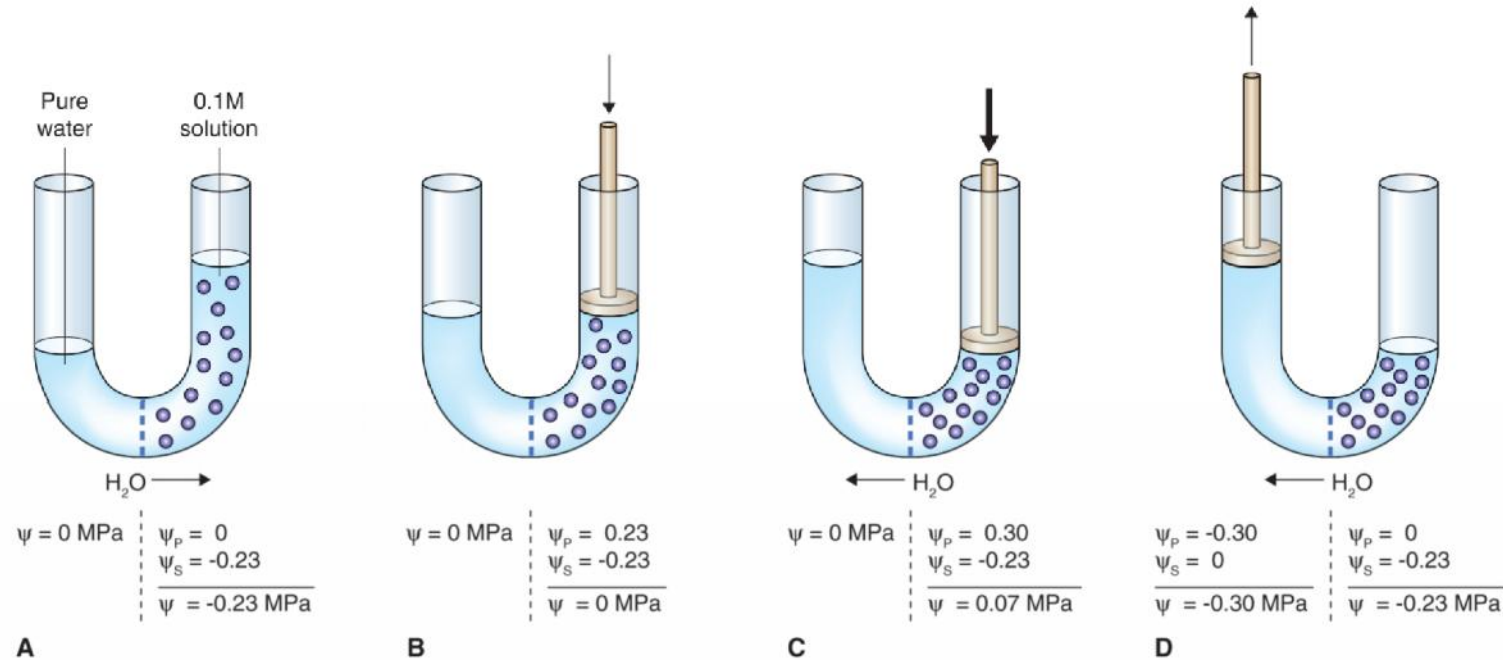
Tiene un valor de 0,01 Mpa  $m^{-1}$







El agregado de solutos, la presión y la tensión hacen variar el potencial agua y el movimiento del agua

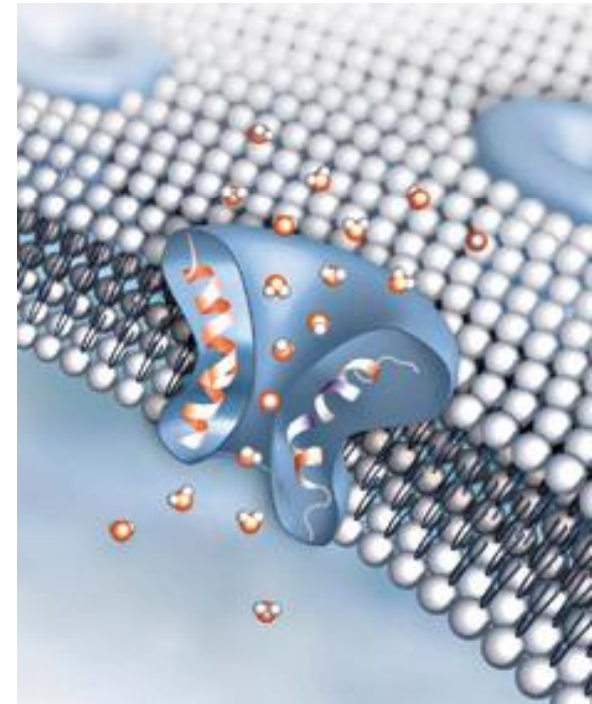
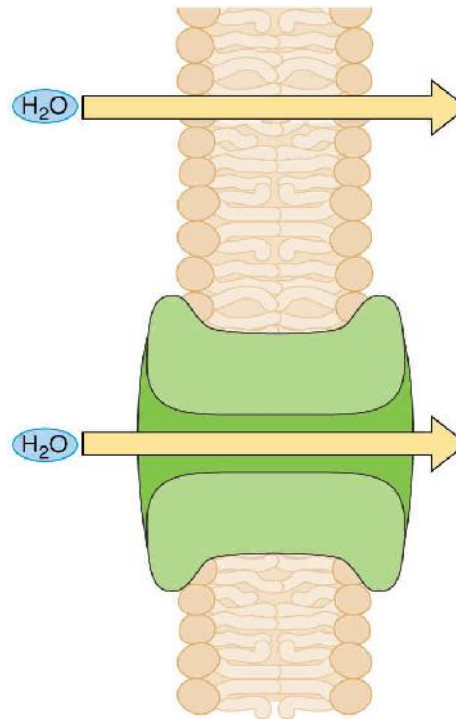
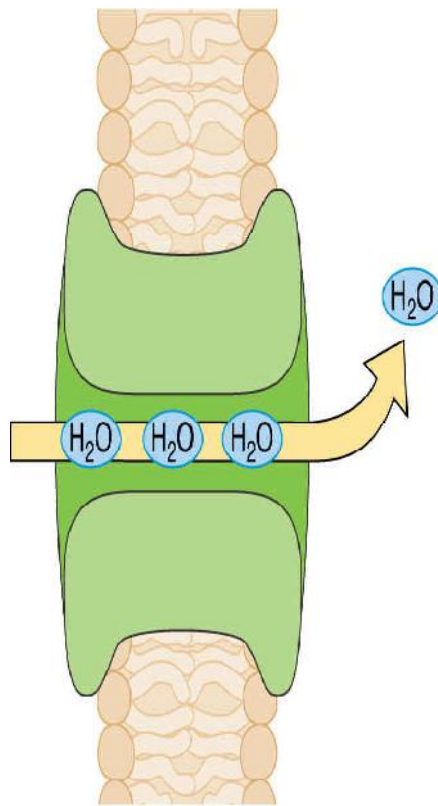


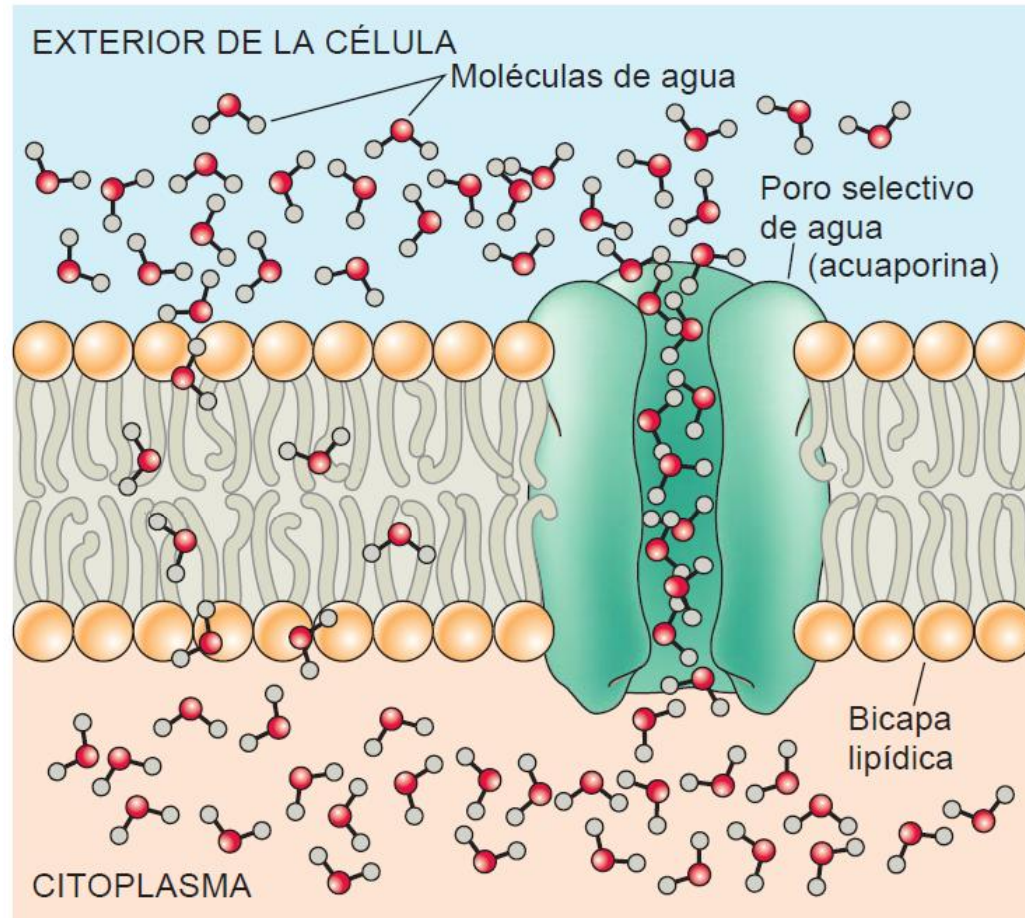
- A. Se agrega un soluto en uno de los compartimientos
- B. Se aplica una presión que compensa la disminución del potencial agua causada por el agregado de solutos
- C. Se aplica una presión mayor a B
- D. Se aplica una tensión

- MOVIMIENTO DEL AGUA EN LA CÉLULA
- POTENCIAL SOLUTO
- POTENCIAL TURGENCIA

## Movimiento del agua en la célula.

A través de canales (acuaporinas) o de las capas lipídicas de las membranas.





**Las plantas pueden abrir o cerrar las acuaporinas, regulando el pasaje del agua**

## Trabajando a niveles celulares finalmente llegamos a:

$$\Psi_{\text{cel.}} = \Psi_s + \Psi_p$$

la mayor parte del volumen de la célula está ocupada por la vacuola: despreciamos el potencial mátrico y el potencial gravitatorio

Célula turgente:  $\Psi_p > 0$

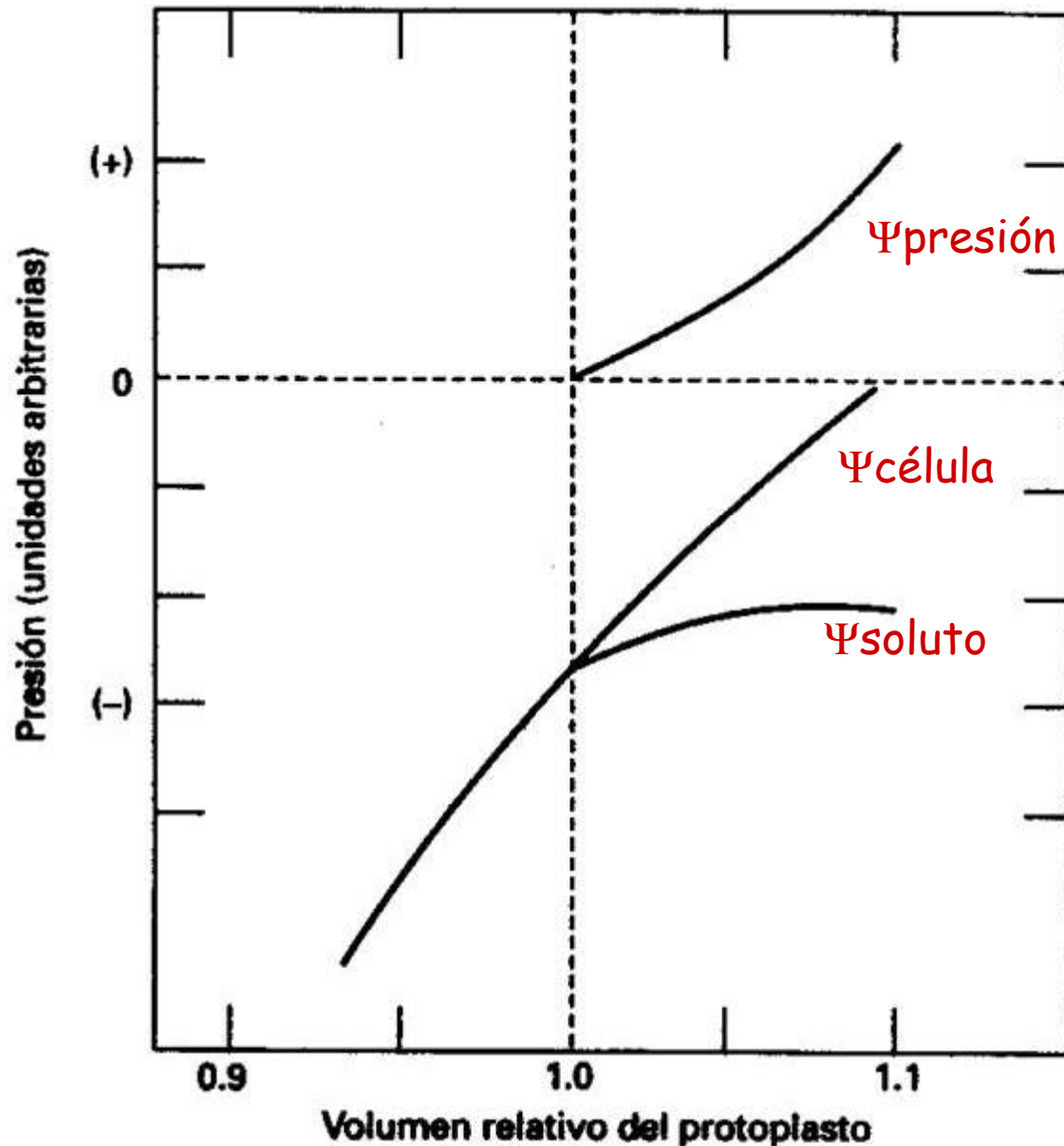
$$\Psi_c = \Psi_s + \Psi_p$$

Célula Plasmolizada:  $\Psi_p = 0$

$$\Psi_c = \Psi_s$$

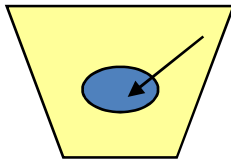


# DIAGRAMA DE HÖFLER



- 1) Qué representa este diagrama?
- 2) Qué representa cada una de estas curvas?
- 3) Indique el estado de una célula vegetal cuando el volumen relativo del protoplasto es menor a  $<1$ ,  $1$  y  $>1$ .

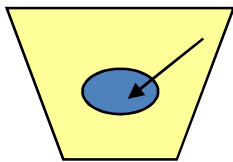
1) Sumergimos una célula plasmolizada en agua pura: el diagrama de Höfler muestra como cambian el potencial agua de la célula y sus componentes



Suponemos que la membrana plasmática se comporta como una membrana semipermeable perfecta, y que el contenido de solutos no cambia.



Sumergimos una célula plasmolizada en agua pura



$$\Psi_{\text{H}_2\text{O}} = 0 \text{ MPa}$$

$$\Psi_{\text{c}} = \Psi_{\text{s}} = -0,9 \text{ MPa}$$

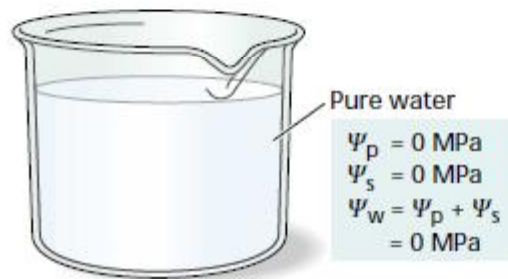
El agua va a ingresar hasta que el potencial agua de la célula sea igual al del medio

$$\Psi_{\text{c}} = \Psi_{\text{s}} + \Psi_{\text{p}} = -0,9 + 0,9 = 0 \text{ MPa}$$

¿Qué sucedería con una célula animal (sin pared)?

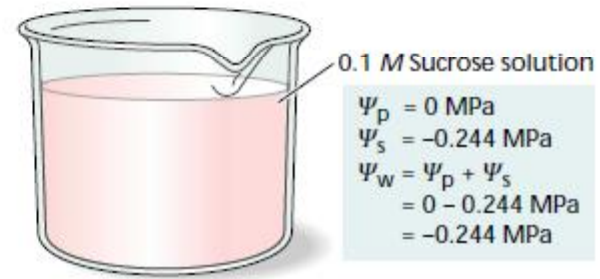
## Ejemplo con una célula sumergida en una solución de potencial conocido

(A) Pure water



Agua pura  
( $\Psi=0$ )

(B) Solution containing 0.1 M sucrose



Solución de sacarosa 0,1 m  
( $\Psi=-0,244$  MPa, calculado  
con la ecuación de Van 't  
Hoff)

Ejemplo con una célula plasmolizada (-0,73 MPa)  
sumergida en sacarosa 0.1 m (Potencial agua:-0,24 MPa)

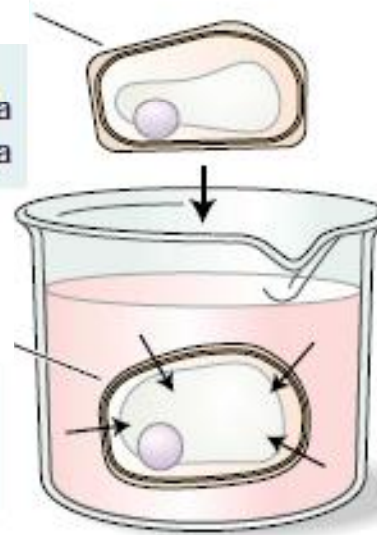
Célula plasmolizada

$$\begin{aligned}\Psi_p &= 0 \text{ MPa} \\ \Psi_s &= -0.732 \text{ MPa} \\ \Psi_w &= -0.732 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$\Psi_w$  = potencial agua  
de la célula

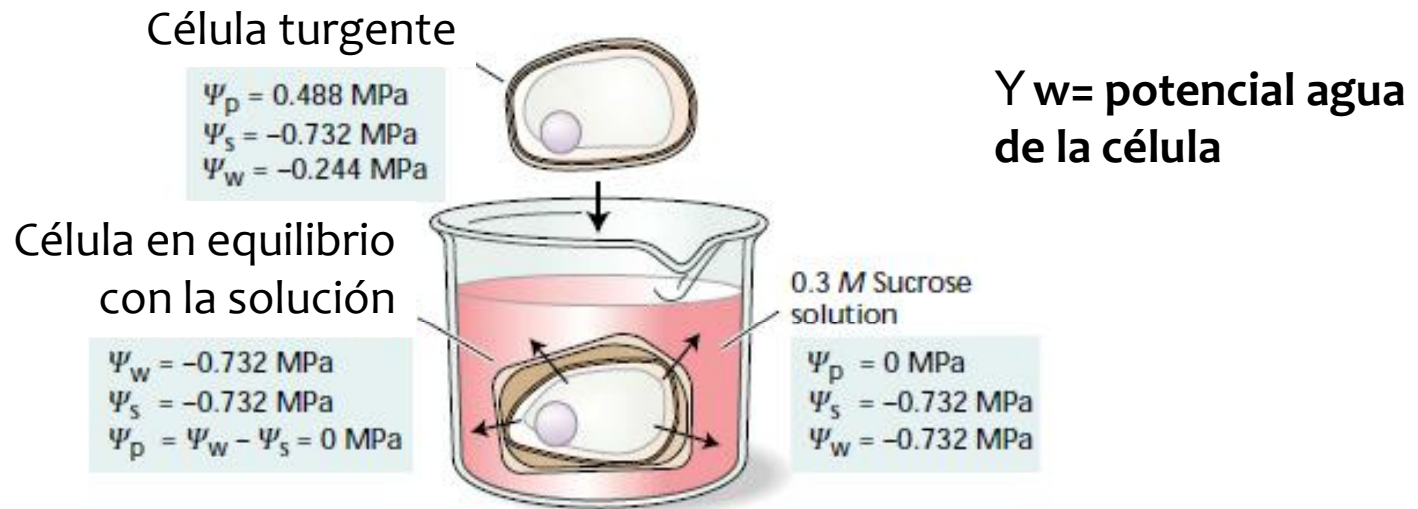
Célula en equilibrio con  
la solución

$$\begin{aligned}\Psi_w &= -0.244 \text{ MPa} \\ \Psi_s &= -0.732 \text{ MPa} \\ \Psi_p &= \Psi_w - \Psi_s = 0.488 \text{ MPa}\end{aligned}$$



EL AGUA INGRESA A LA CÉLULA

# Ejemplo con la célula en solución de sacarosa 0,3 m (Potencial agua -0,73 MPa)



EL AGUA VA A SALIR DE LA CÉLULA