

Relaciones hídricas

Clase 3

FÍSICAS. 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. $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$**

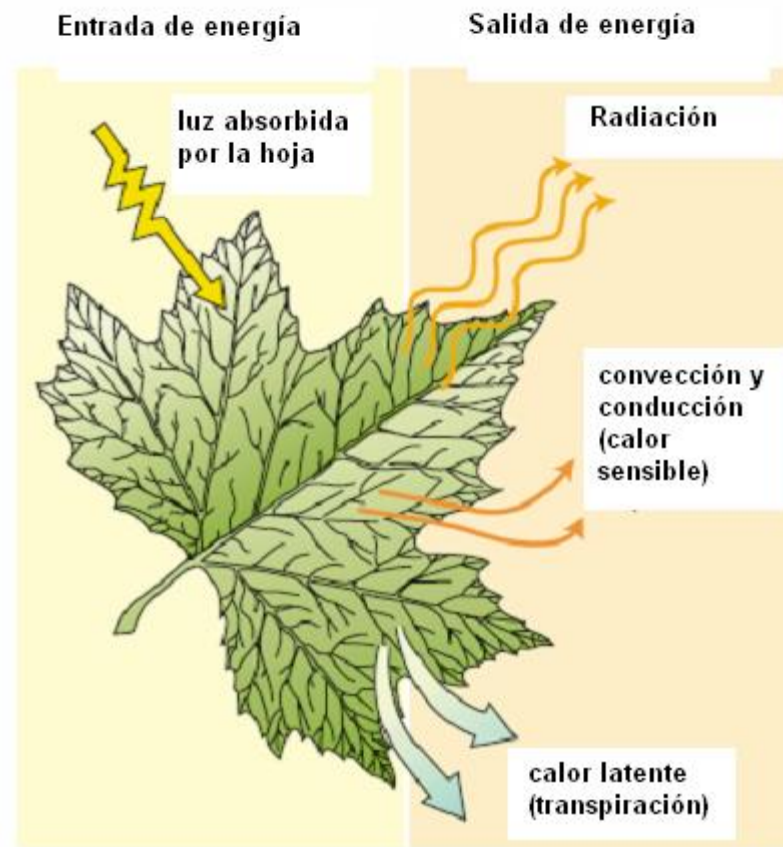
Transpiración (T)

$$T = \frac{(\Psi_{\text{aire}} - \Psi_{\text{hoja}})}{\Sigma R}$$

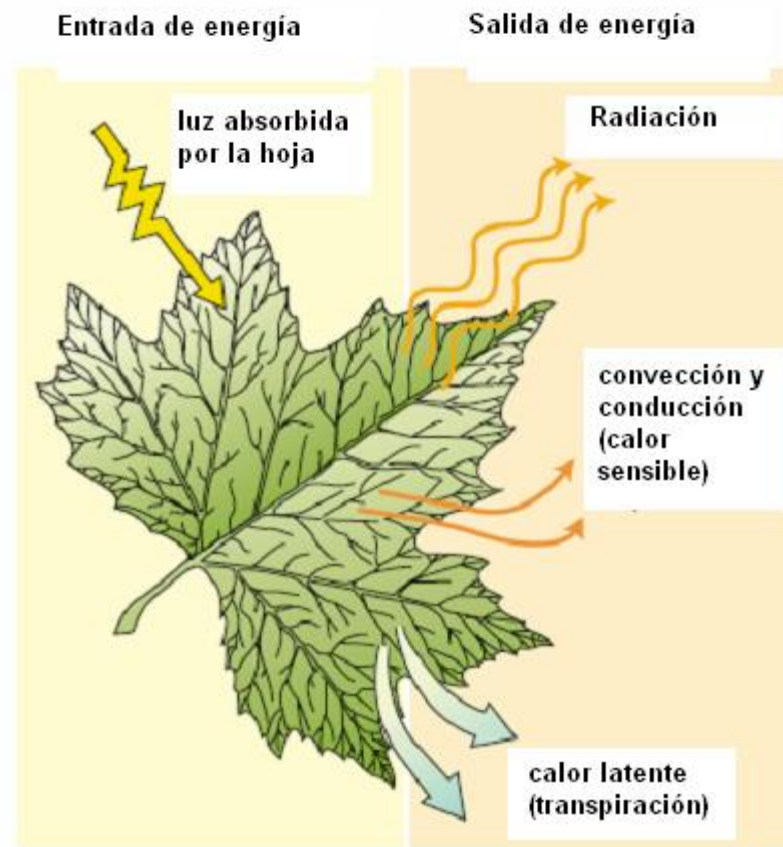
Conductancia $g = 1 / R$

$$T = g (\Psi_{\text{aire}} - \Psi_{\text{hoja}})$$

Balance energético de una hoja: una parte mínima de la luz interceptada es usada en la fotosíntesis, el resto aumenta la temperatura de la hoja



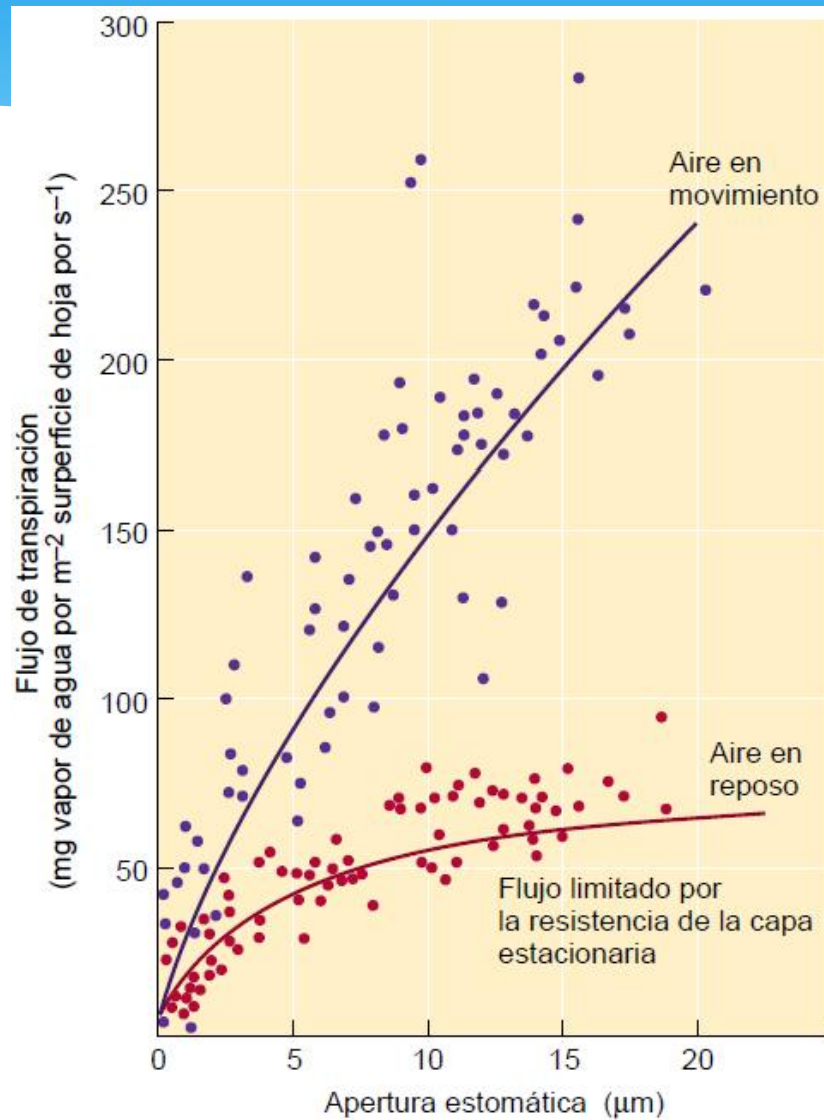
La transpiración disipa el exceso de energía en la hoja, evitando que la temperatura se eleve a niveles que puedan dañar el metabolismo



FACTORES QUE AFECTAN LA TRANSPIRACIÓN

- ❖ Concentración de CO_2 : una concentración externa elevada (1500 a 2000 ppm) induce el cierre estomático. CO_2 Normal: 360 ppm. Los estomas sensan la concentración de CO_2 en la cámara subestomática.
- ❖ Irradiancia: induce la apertura de los estomas (especialmente la luz azul). También aumenta la temperatura de la hoja.
- ❖ Viento: el viento reduce la capa límite reduciendo su resistencia. Con aire calmo, la resistencia de la capa límite es mayor.

El espesor de la capa límite depende de la velocidad del viento



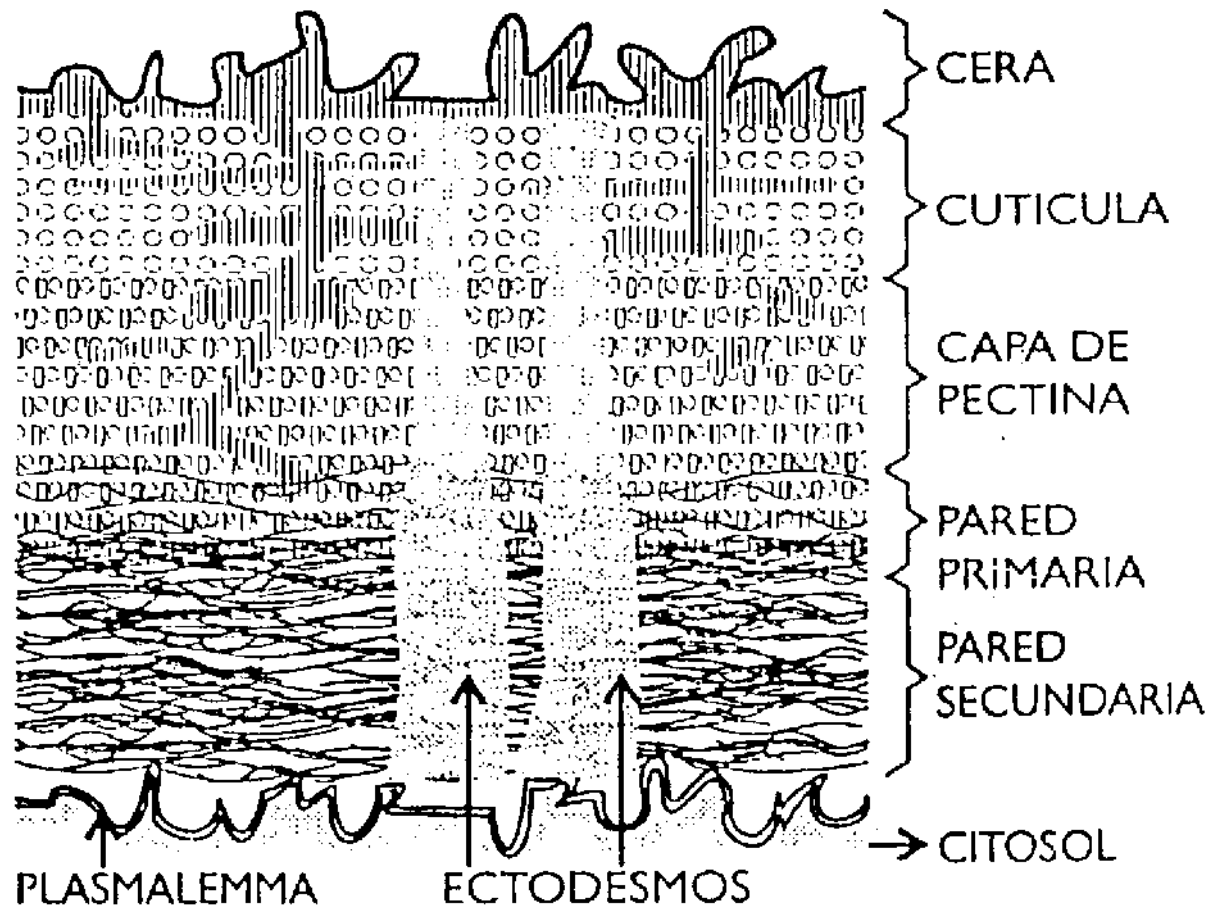
FACTORES QUE AFECTAN LA TRANSPIRACIÓN

- ❖ Temperatura ambiente: aumenta la T de la hoja y aumenta la evaporación.
- ❖ Humedad relativa del aire, afecta el gradiente de potencial agua entre la hoja y el aire
- ❖ Disponibilidad de agua en el suelo: en situación de sequía se sintetiza la hormona ácido abscísico (ABA) que induce el cierre estomático.

FACTORES QUE AFECTAN LA TRANSPIRACIÓN

- ❖ Hormonas: el ABA induce el cierre de los estomas, las citocininas inducen la apertura.
- ❖ Presencia de tricomas: aumenta el espesor de la capa límite incrementando su resistencia.
- ❖ Densidad estomática (Número de estomas por unidad de superficie)
- ❖ Características de la raíz: la capacidad de la raíz de explorar el perfil del suelo permitirá que la planta tenga acceso a más o menos agua
- ❖ Espesor de la cutícula y ceras

Superficie foliar



La cutícula opone una resistencia elevada a la difusión del vapor de agua

Cuadro 3-1. Resistencias (r) al transporte de agua en hojas con saturación luminosa y 22 °C (según Holmgren, Jarvis y Jarvis, 1965). (Adaptado de Azcón-Bieto y Talón, 1993.)

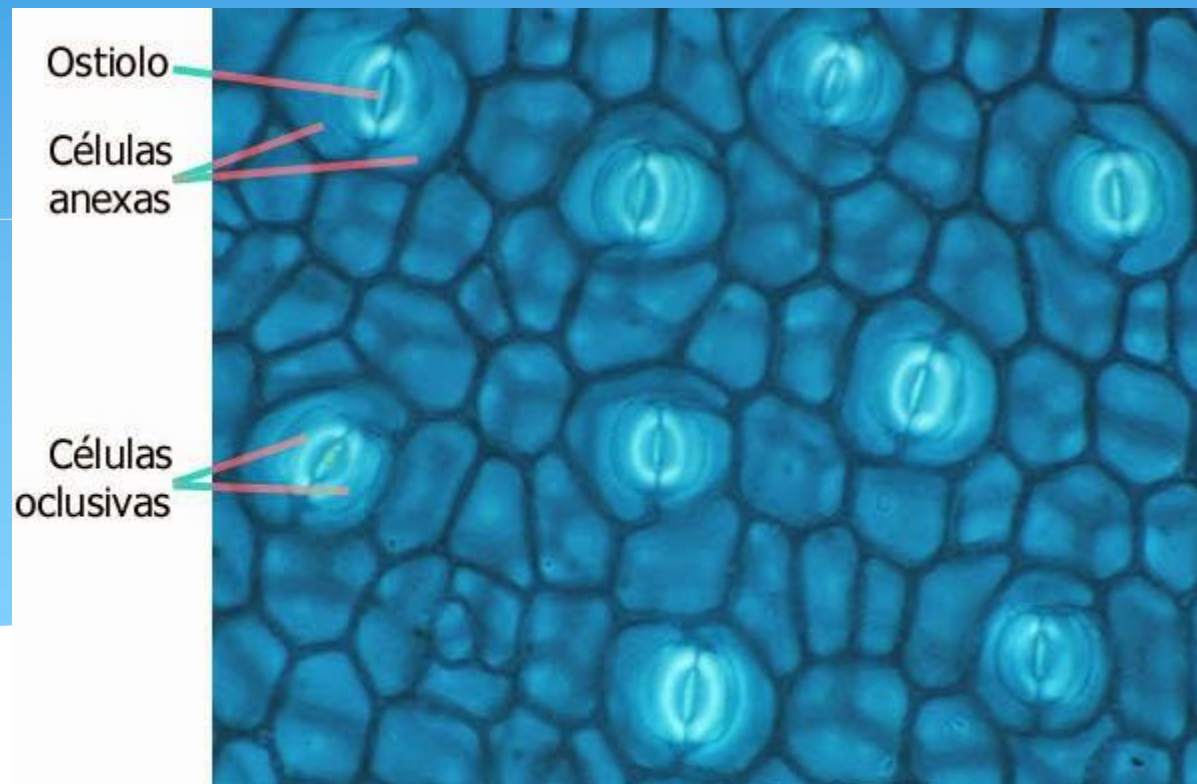
Especie vegetal	Resistencias al transporte de vapor de agua (sm^{-1})		
	Cutícula r_c	Estoma (abierto) r_e	Capa límite r_a
<i>Helianthus annuus</i>	-	38	55
<i>Lamium galeobdolon</i>	3700	1060	73
<i>Circaea lutetiana</i>	9000	1610	61
<i>Acer platanoides</i>	8500	1470	69
<i>Quercus robur</i>	38 000	670	69
<i>Betula verrucosa</i>	8300	92	80

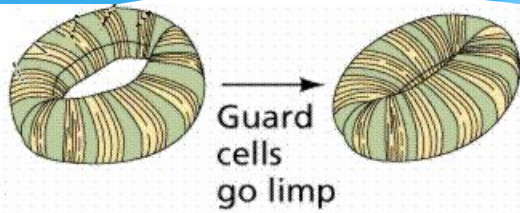
Profundidad de las raíces de los cultivos

Tabla 10. Profundidad efectiva final de raíces, para suelos profundos y homogéneos.
Fuente: Doorembos y Pruitt (1976)

Cultivo	Prof. efectiva	Cultivo	Prof. efectiva	Cultivo	Prof. efectiva
	de raíces		de raíces		de raíces
	(cm)		(cm)		(cm)
Alfalfa	90-180	Cereales	60-150	Pastos	60-100
Poroto	50-90	Vid	75-180	Pimiento	40-100
Cítricos	120-150	Leguminosas	50-125	Papa	30-75
Algodón	30-60	Maíz dulce	75-160	Cártamo	90-180
Pepino	75-125	Olivo	100-150	Soja	60-125
Berenjena	75-120	Cebolla	30-75	Frutilla	20-30
Remolacha	60-125	Caña azúcar	75-180	Tomate	40-100
Tabaco	45-90	Verdura hoja	30-60		

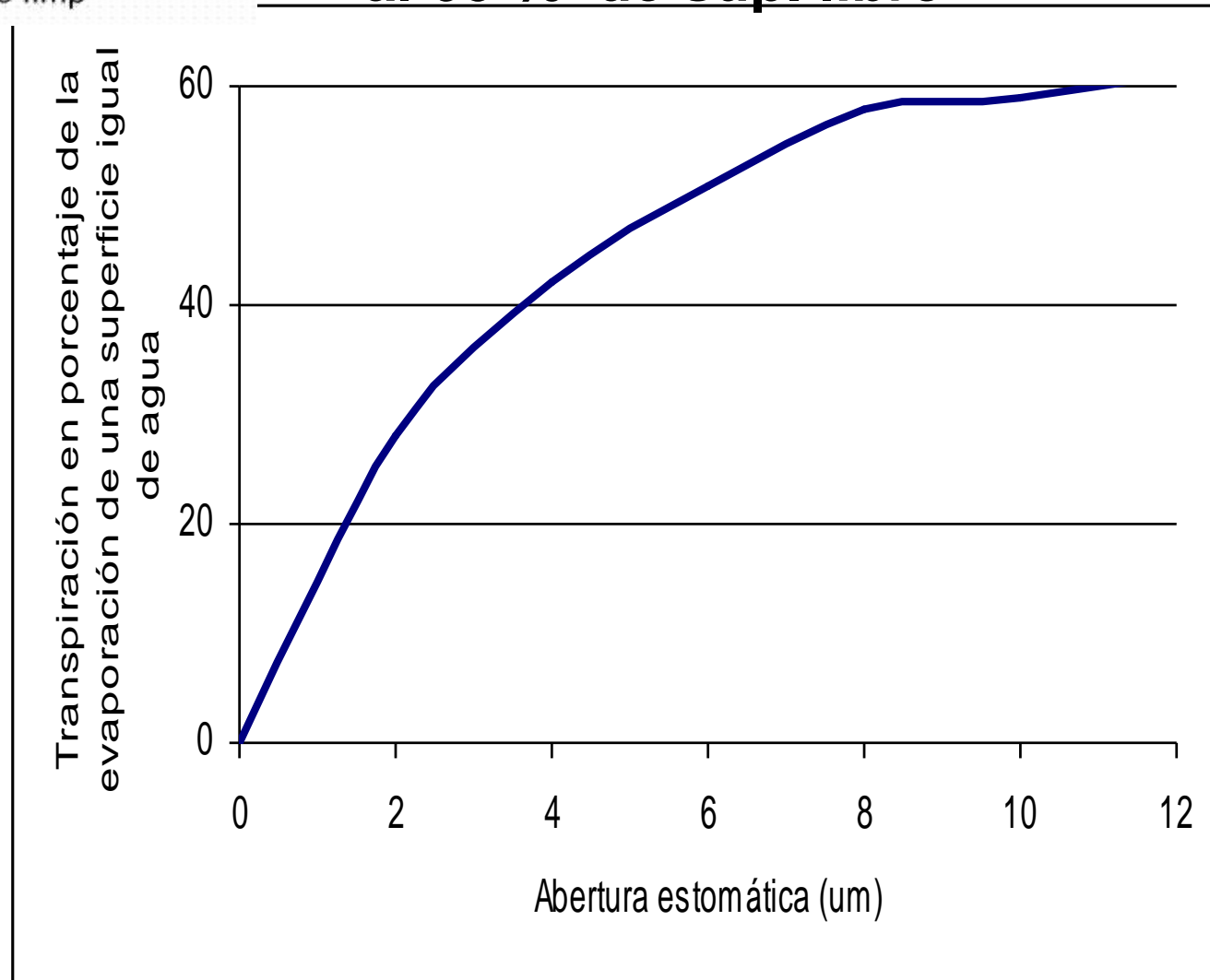
Mecanismo de apertura estomática

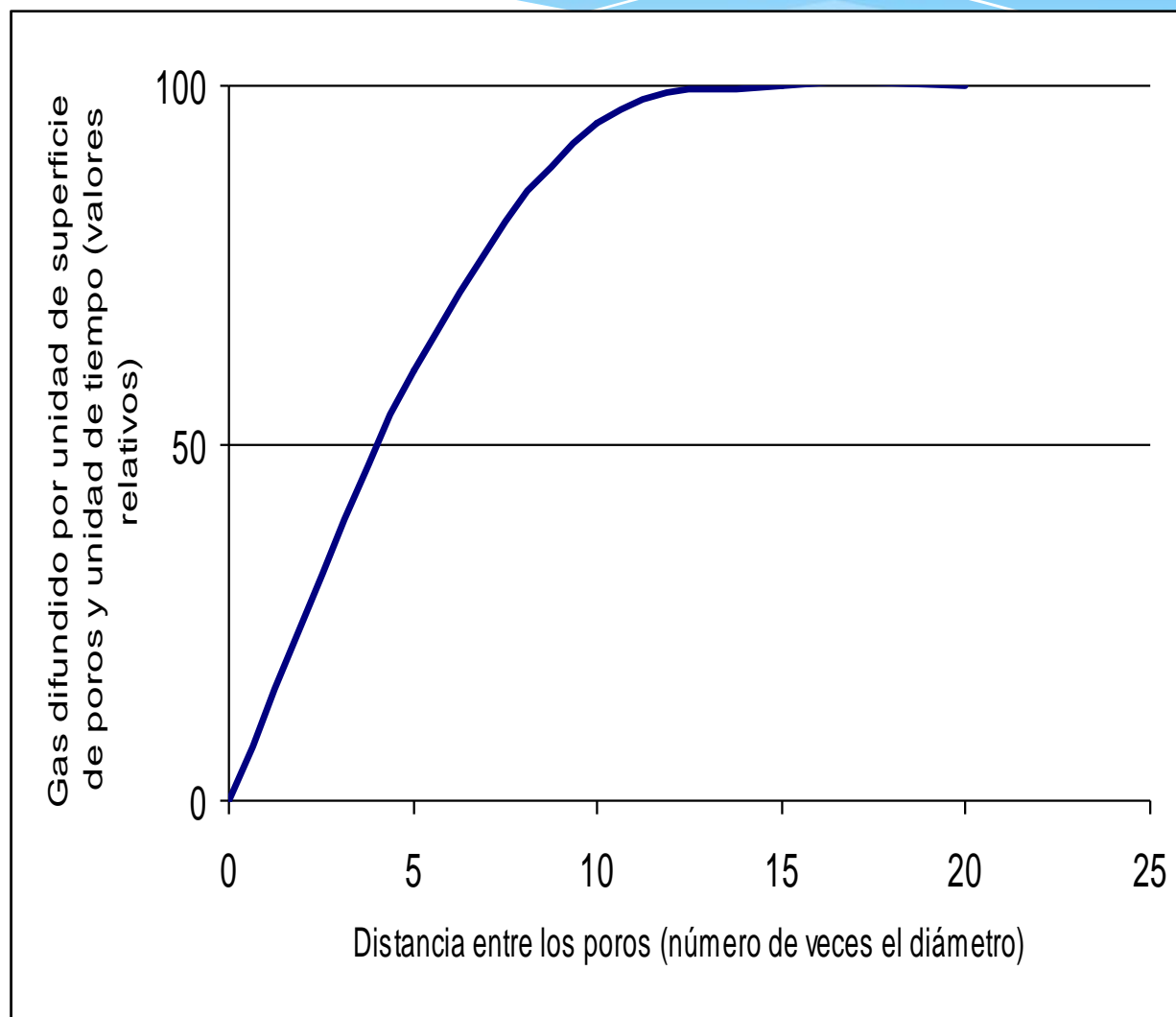
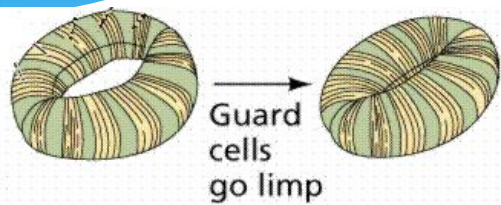




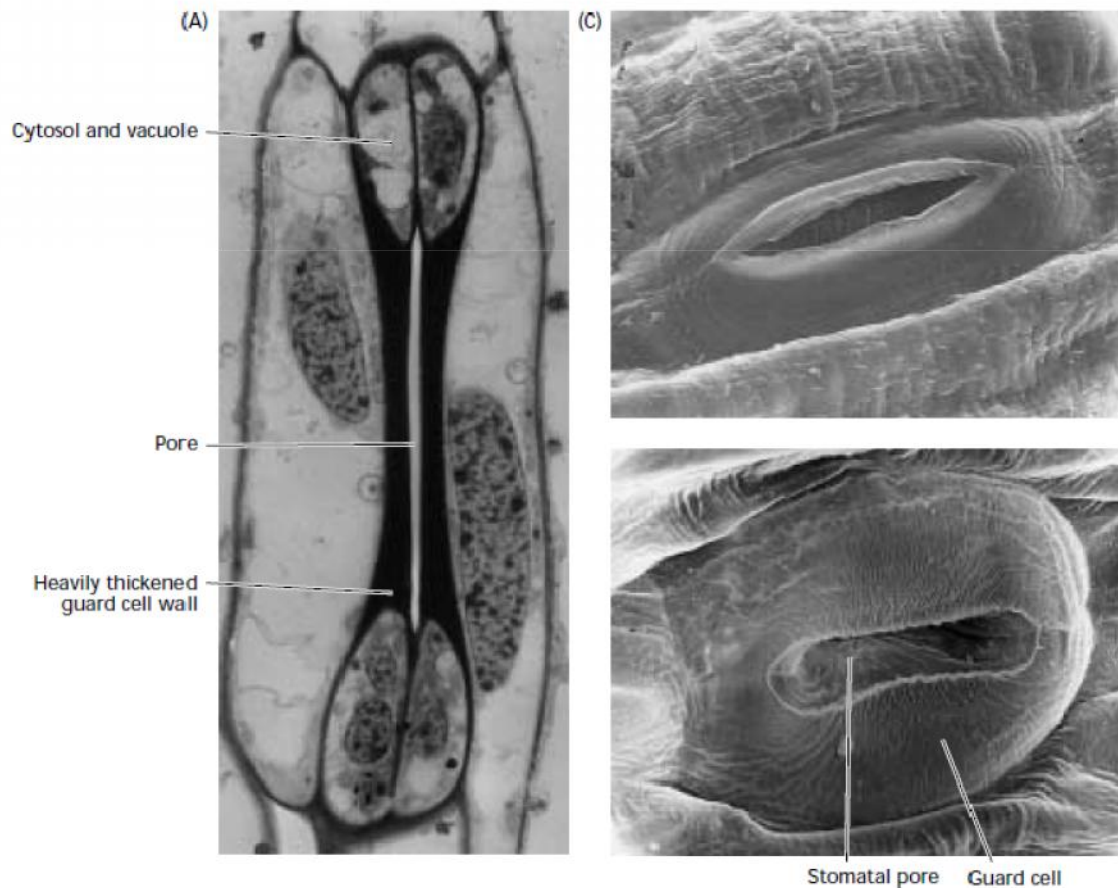
LA PARADOJA DE LOS POROS

4% de Sup. de estomas evapora =
al 60 % de sup. libre

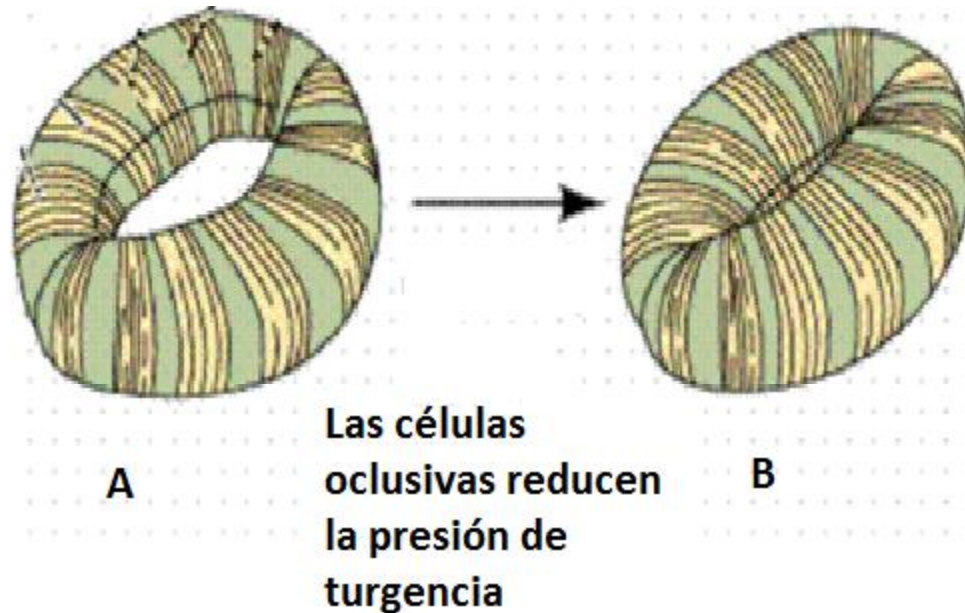




Las células oclusivas tienen una morfología particular: tienen cloroplastos, la pared está engrosada diferencialmente y las microfibrillas de celulosa están dispuestas radialmente

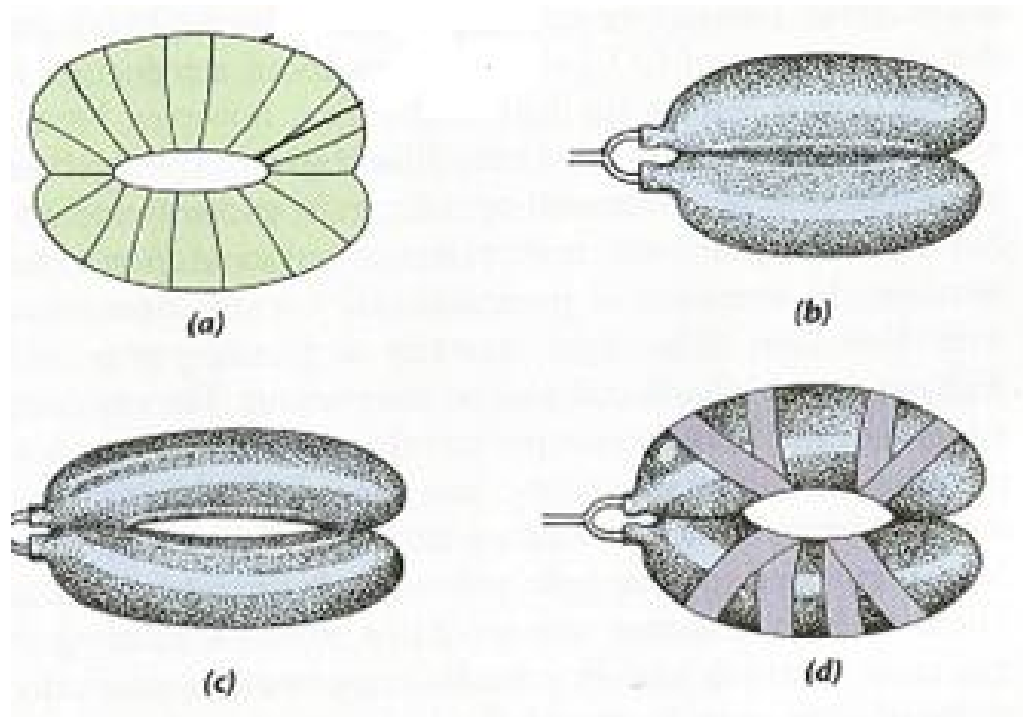


Los estomas se abren o cierran por cambios en la turgencia de las células oclusivas



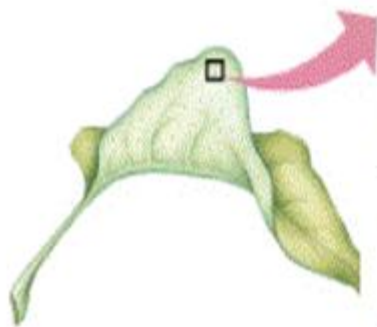
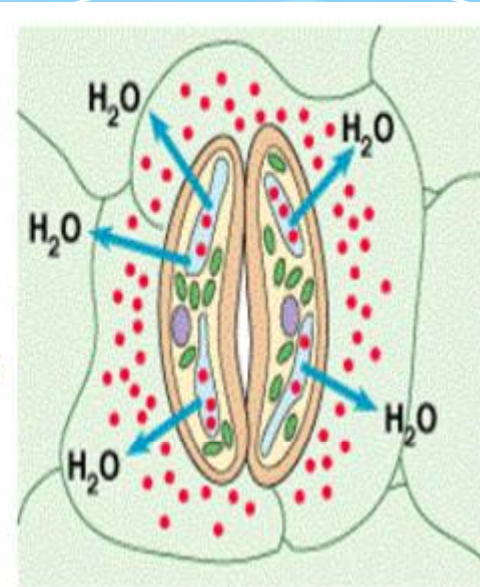
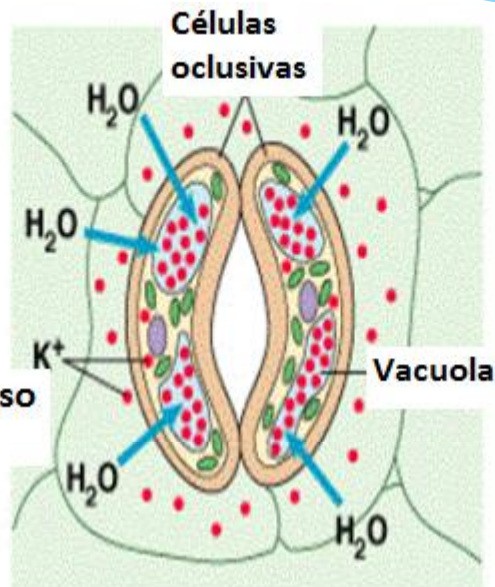
- **A. Células oclusivas turgentes: poro estomático abierto**
- **B. Células oclusivas pierden turgencia: poro estomático cerrado**

- (a) La orientación radial de las microfibrillas de celulosa hacen que el poro se abra al aumentar la turgencia
 - (b, c y d) Las células oclusivas se pueden modelar mecánicamente como dos globos con cintas (microfibrillas de celulosa).



Los cambios en la turgencia de las células oclusivas se deben al transporte activo de potasio

Las células oclusivas absorben potasio con gasto de ATP. Esto disminuye el potencial agua de las células provocando el ingreso del agua.



ESTOMA ABIERTO

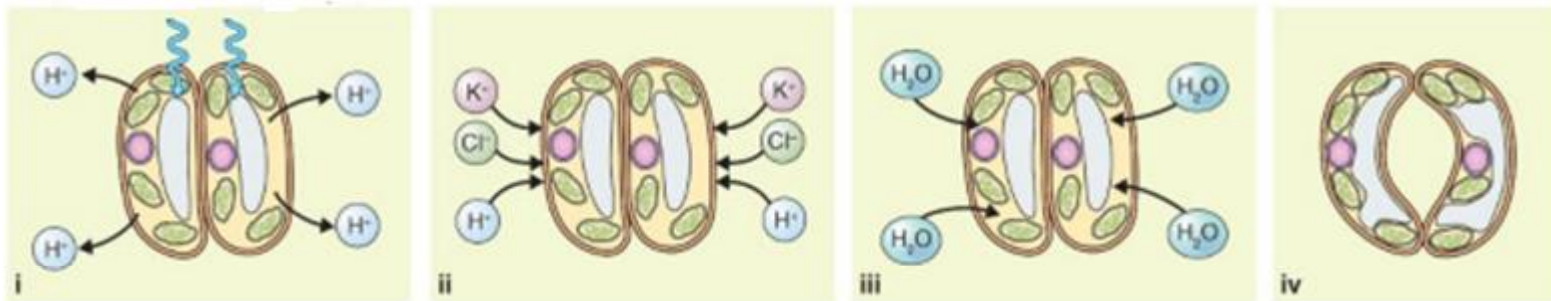
La célula se vuelve turgente, y debido a la orientación de las microfibrillas de celulosa el poro estomático se abre.

ESTOMA CERRADO

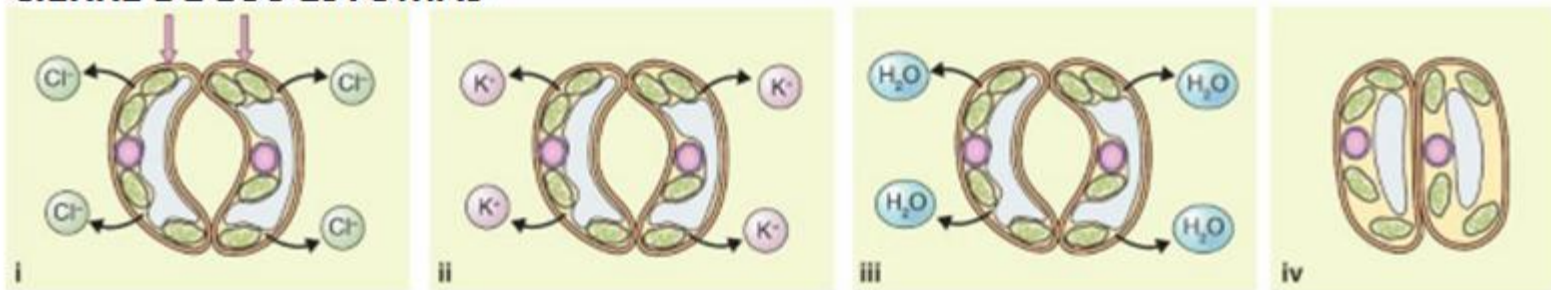
Cuando el potasio es bombeado fuera de las células oclusivas, disminuye el potencial de las células que rodean al estoma, este pierde agua, pierde turgencia y el poro estomático se cierra.

Los cambios en el potencial osmótico son responsables de la apertura y cierre de estomas

APERTURA DE LOS ESTOMAS



CIERRE DE LOS ESTOMAS



* Cierre estomático. Un modelo.

* Coordinación del ión Ca^{2+} en la actividades de canales y bombas protónicas durante el cierre estomático

* Modelo:

Percepción de ABA por receptor (R).

Aumento de Ca^{2+} citosólico

Apertura de canales K^+ de salida

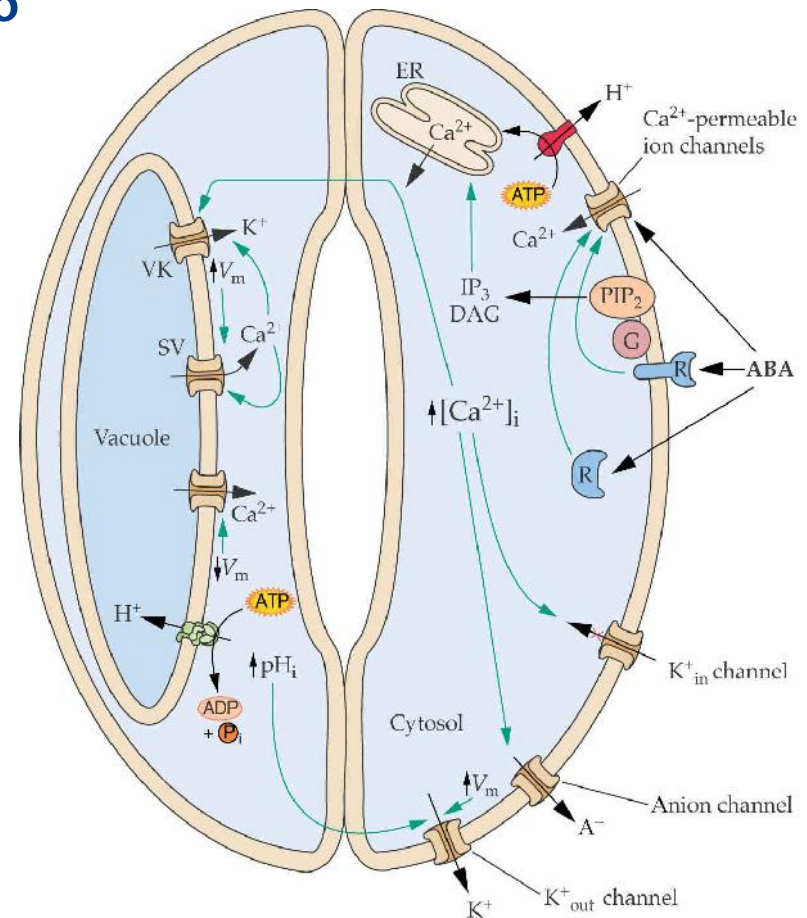
Apertura de canales aniónicos.

Inhibición de canales K^+ de entrada.

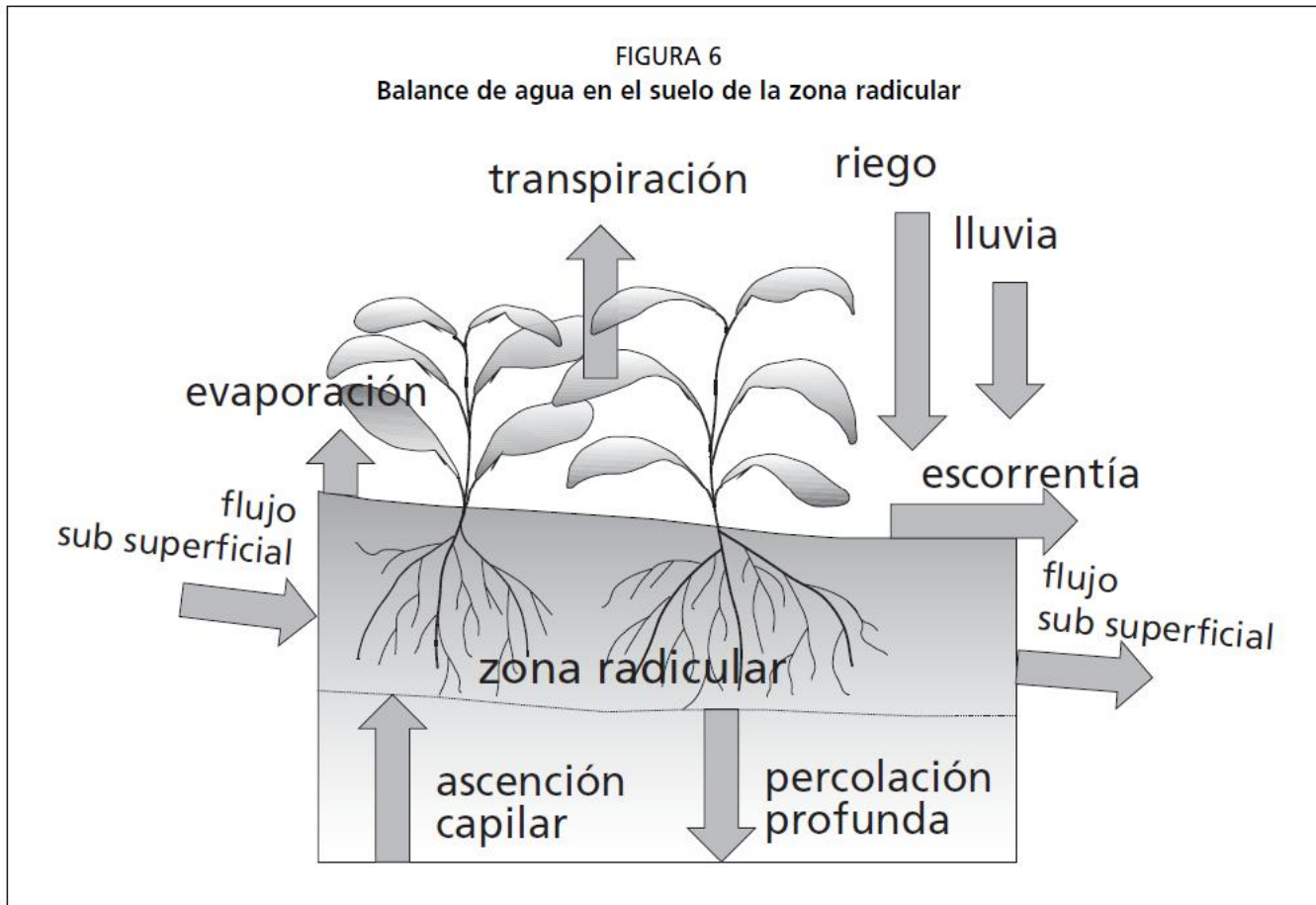
Salen iones y sale agua.

Se pierde turgencia.

El estoma se cierra.



Balance hídrico de un cultivo



Evapotranspiración del cultivo, Manuales FAO

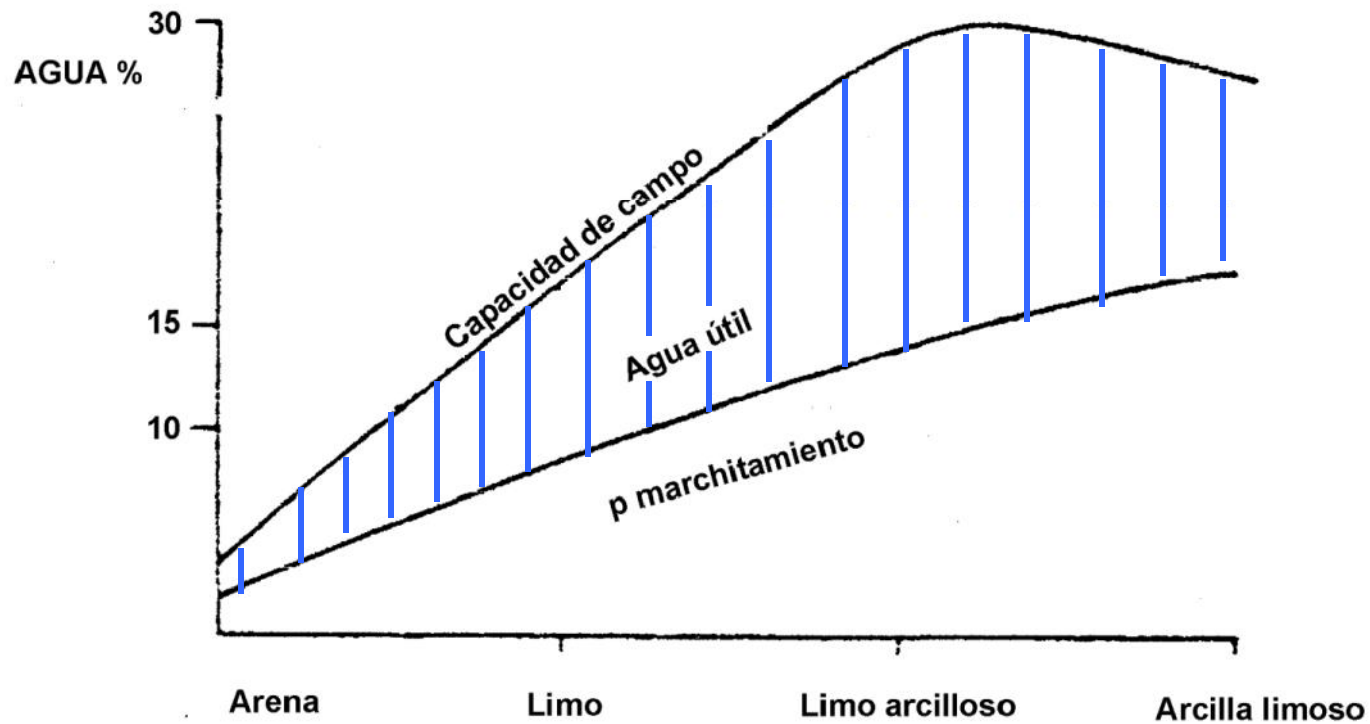
Capacidad de campo: agua retenida por el suelo luego de ser saturado por una lluvia o riego.

- 0,03 MPa

Punto de marchitez permanente: cuando la planta no recupera la turgencia con 100% HR.

- 1,5 MPa para una mesófito

Agua útil: agua entre capacidad de campo y el punto de marchitez permanente



MARCHITEZ TEMPORARIA: se debe a un desbalance temporario entre la transpiración y la absorción de agua

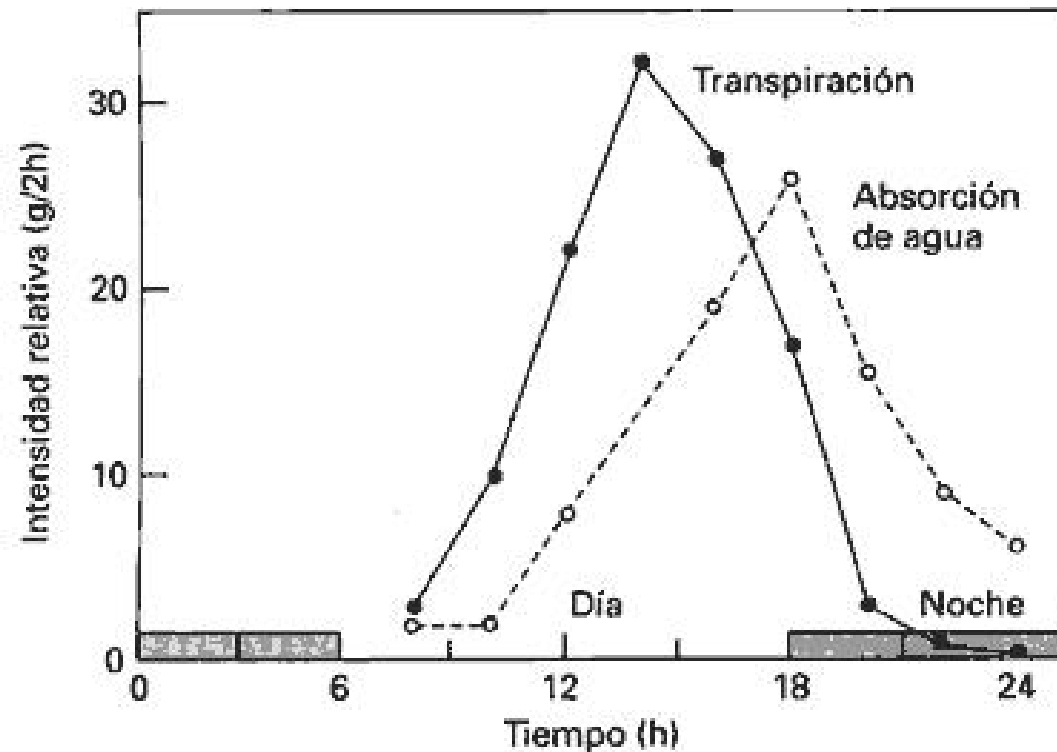
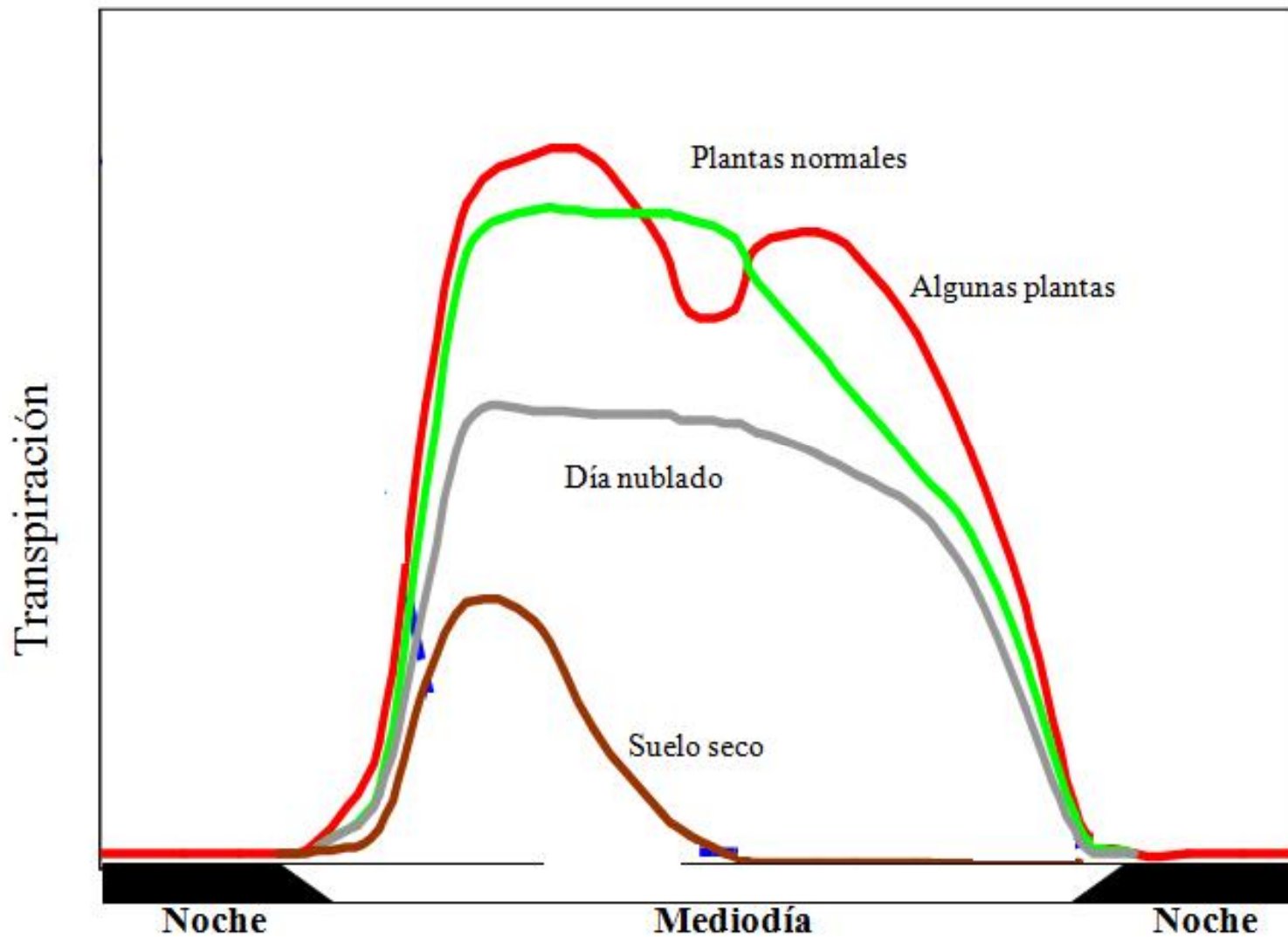
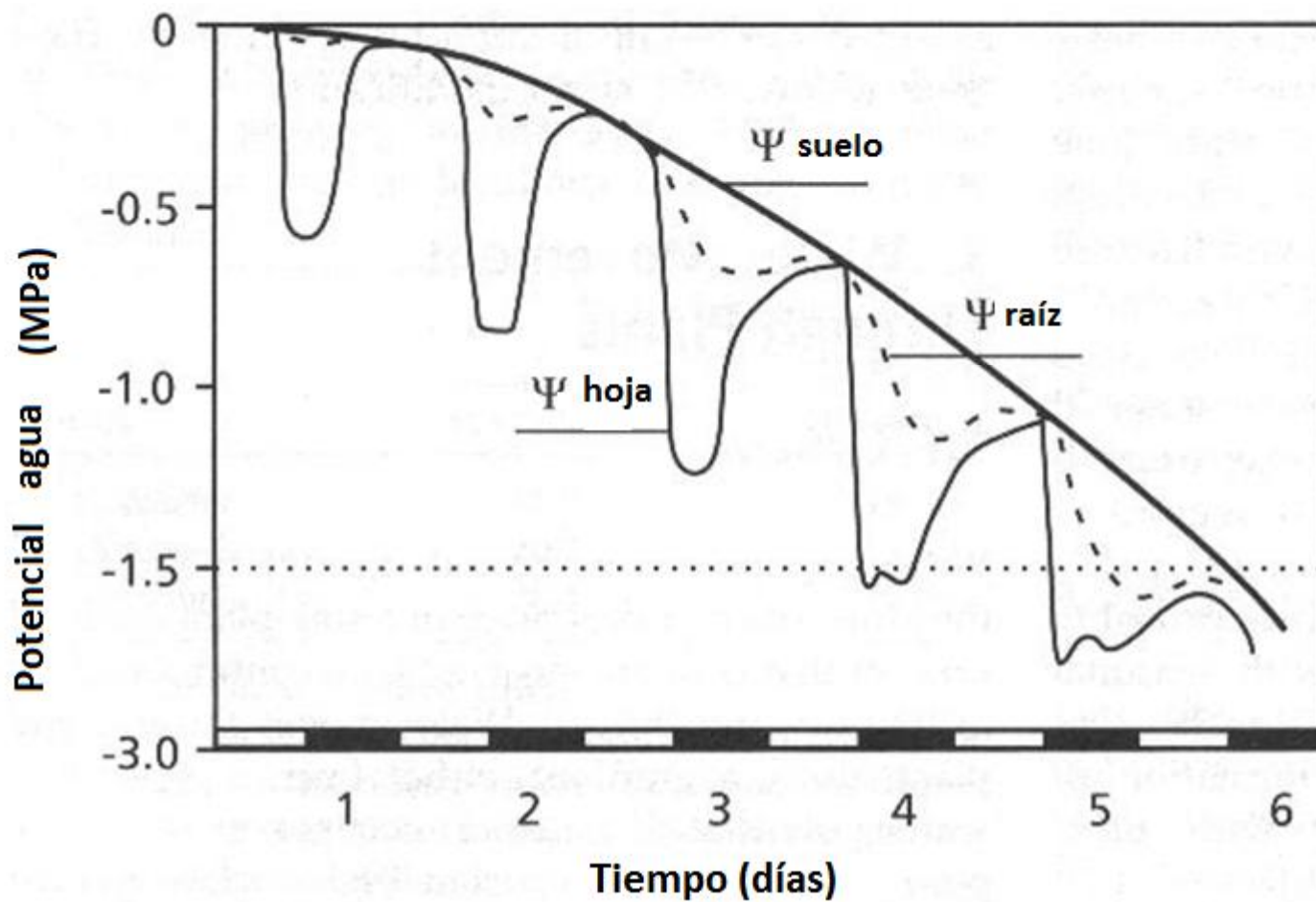


Figura 4-6. Relación entre absorción de agua y transpiración en el fresno (datos de Kramer, 1937). (Adaptado de Azcón-Bieto y Talón, 1993.)

Variación de la transpiración a lo largo del día

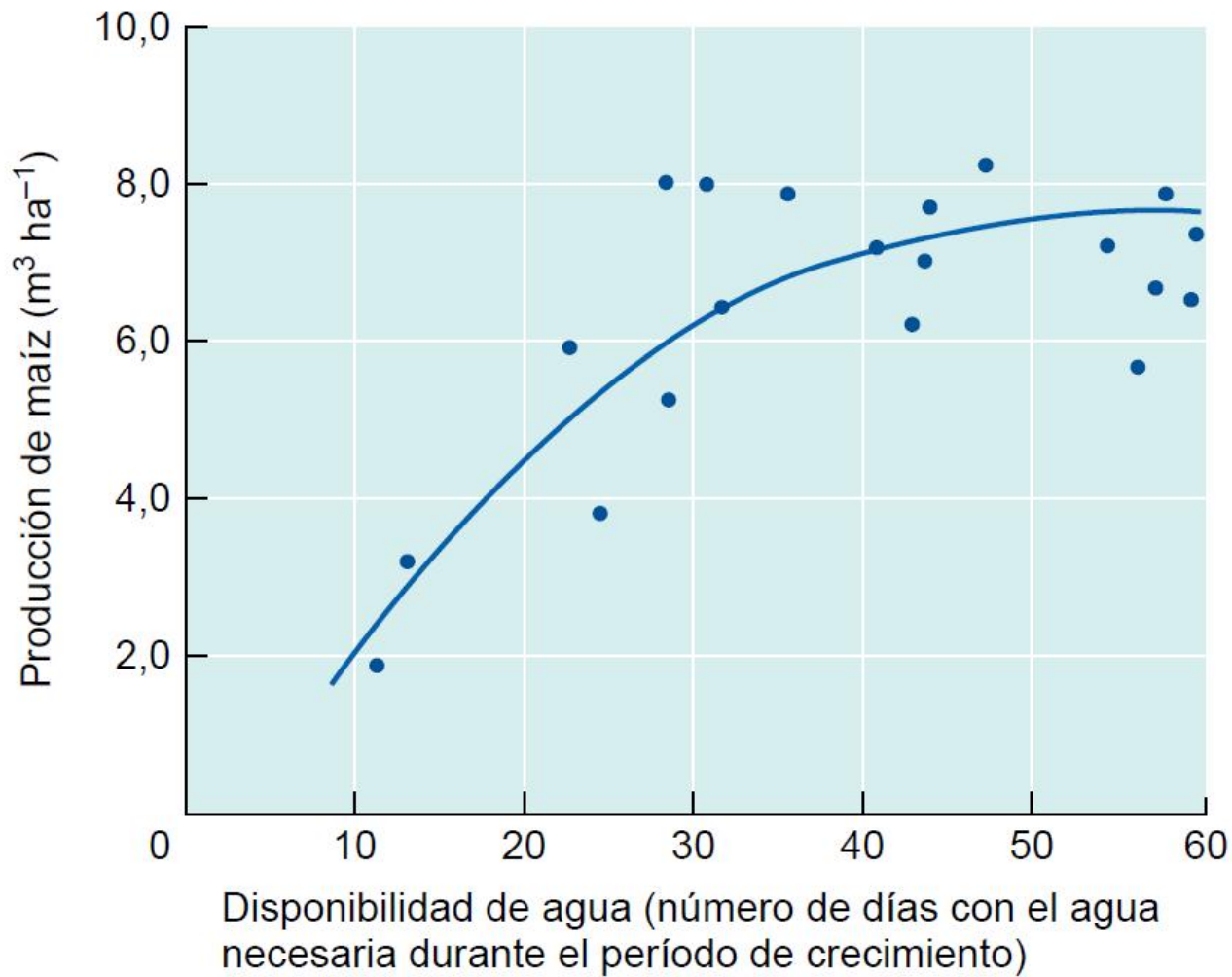


Generación del Déficit Hídrico

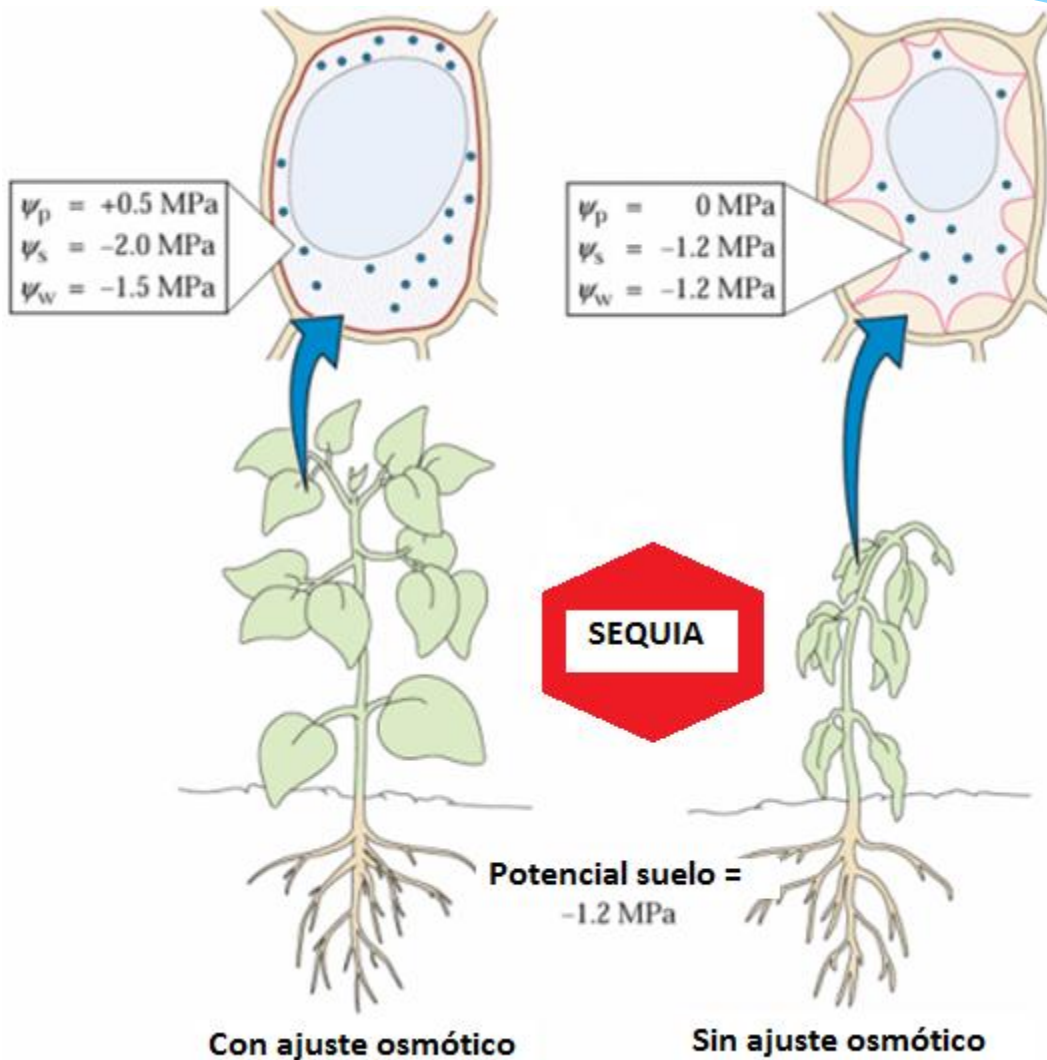


Blanco: día. Negro: noche

La disponibilidad de agua afecta el rendimiento de los cultivos



AJUSTE OSMOTICO



- 1) Qué significa este concepto?
- 2) Qué ventaja posee una planta que puede desarrollar este mecanismo?
- 3) Qué tipo de compuestos se acumulan?

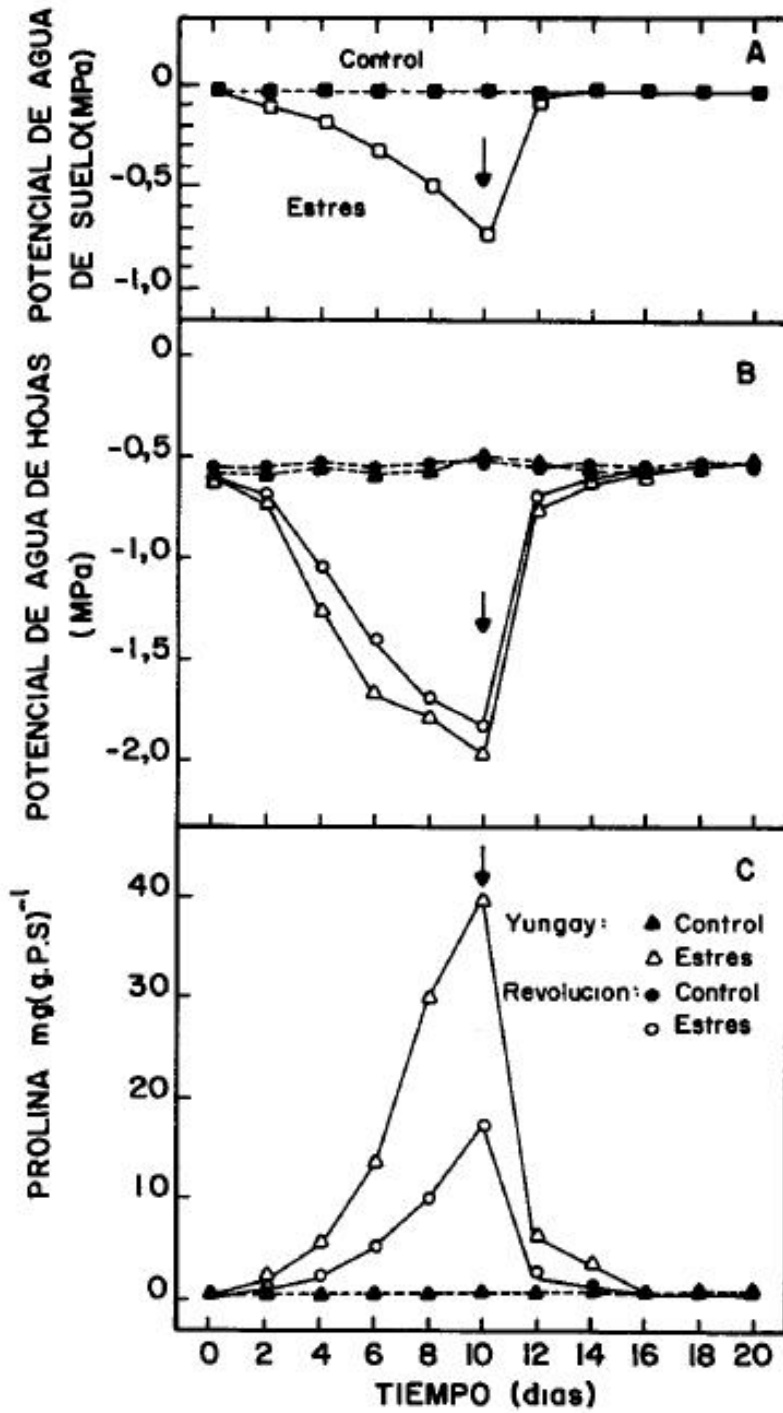
AJUSTE OSMOTICO

En situaciones de sequía, algunas especies acumulan solutos para reducir el potencial agua, y poder continuar absorbiendo agua a pesar del menor potencial agua del suelo.

Para el ajuste osmótico se pueden utilizar:

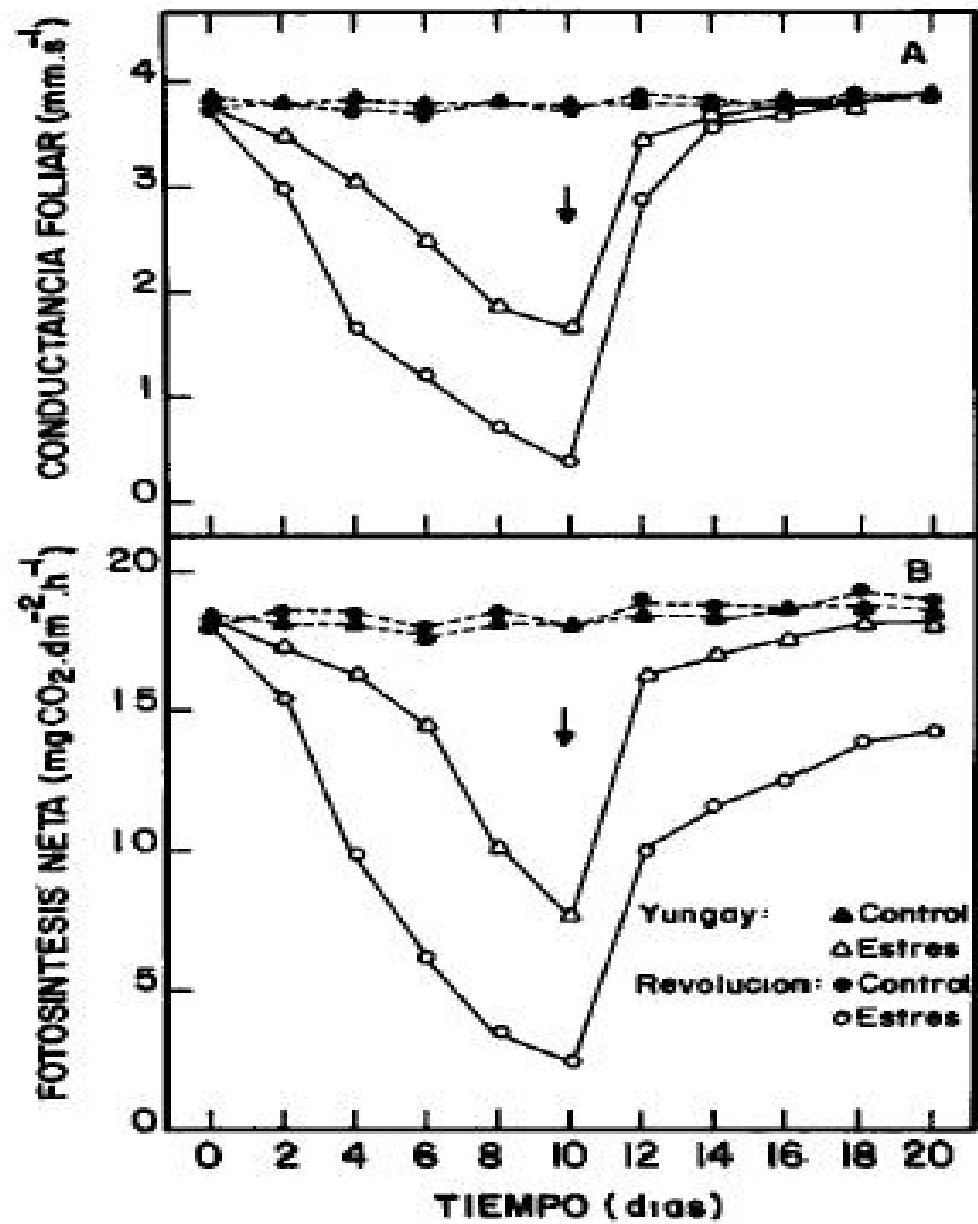
Solutos compatibles: no son tóxicos, se acumulan en el citoplasma (prolina)

Iones: tóxicos, se acumulan en la vacuola
(Na⁺)



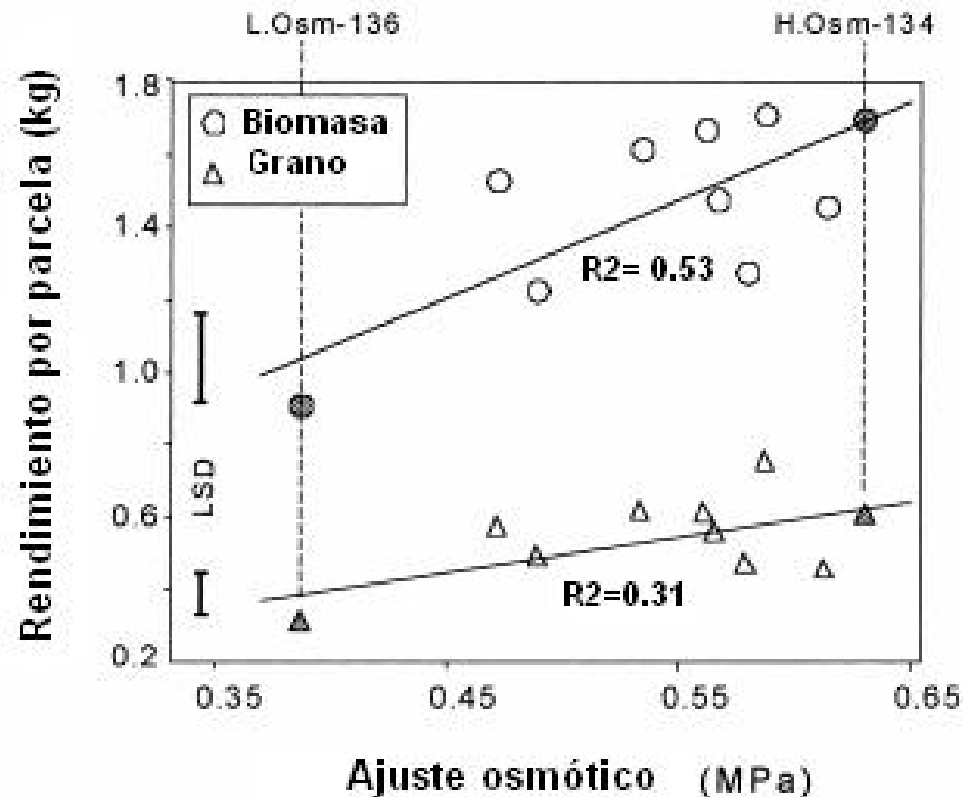
Estudio de la resistencia a la sequía en dos variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.).

Efectos de un período de 10 días de estrés hídrico y 10 días de recuperación.



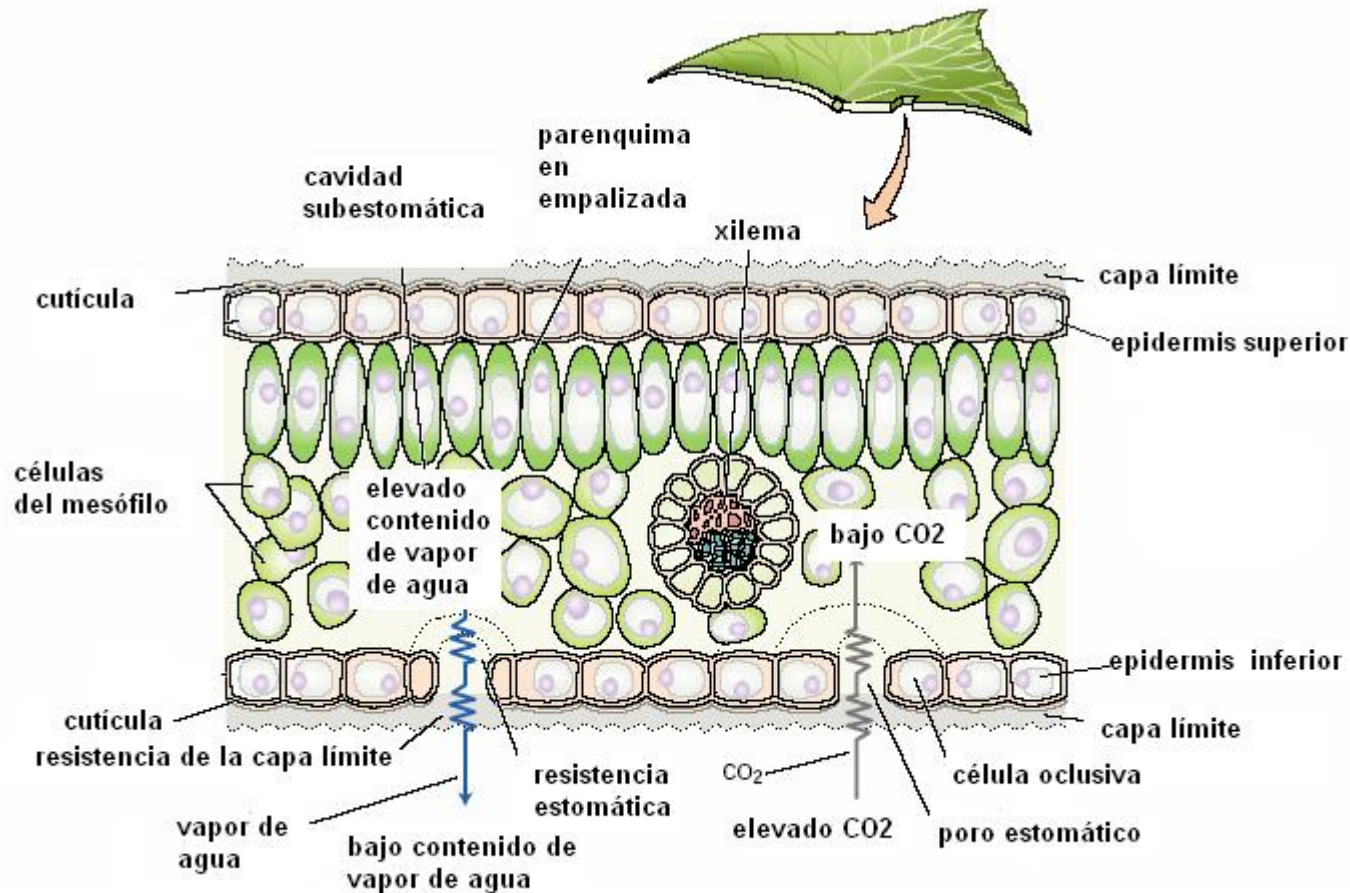
Martínez et al. R. Bras. Fisiol. Veg. 4(1):33-38

En trigo en situaciones de sequía pre-floración, varios trabajos han encontrado correlación entre el grado de ajuste osmótico y el rendimiento



Blum et al . Field Crops Research 1999

La misma vía de salida del vapor de agua en la transpiración es la ruta de entrada del CO_2 en la fotosíntesis





Eficiencia del uso del agua:
compromiso entre la transpiración y
la fotosíntesis

$$\text{EUA} = \frac{\text{Incremento de materia seca}}{\text{Agua transpirada}}$$

Determinación del estado hídrico de las plantas

CONTENIDO RELATIVO DE AGUA (CRA)

POTENCIAL AGUA

CONTENIDO RELATIVO DE AGUA (CRA):

Indica cuánto difiere ese tejido de la situación de turgencia máxima.

$$\text{CRA} = \frac{P_f - P_s}{P_{fh} - P_s} \times 100$$

P_f : peso fresco

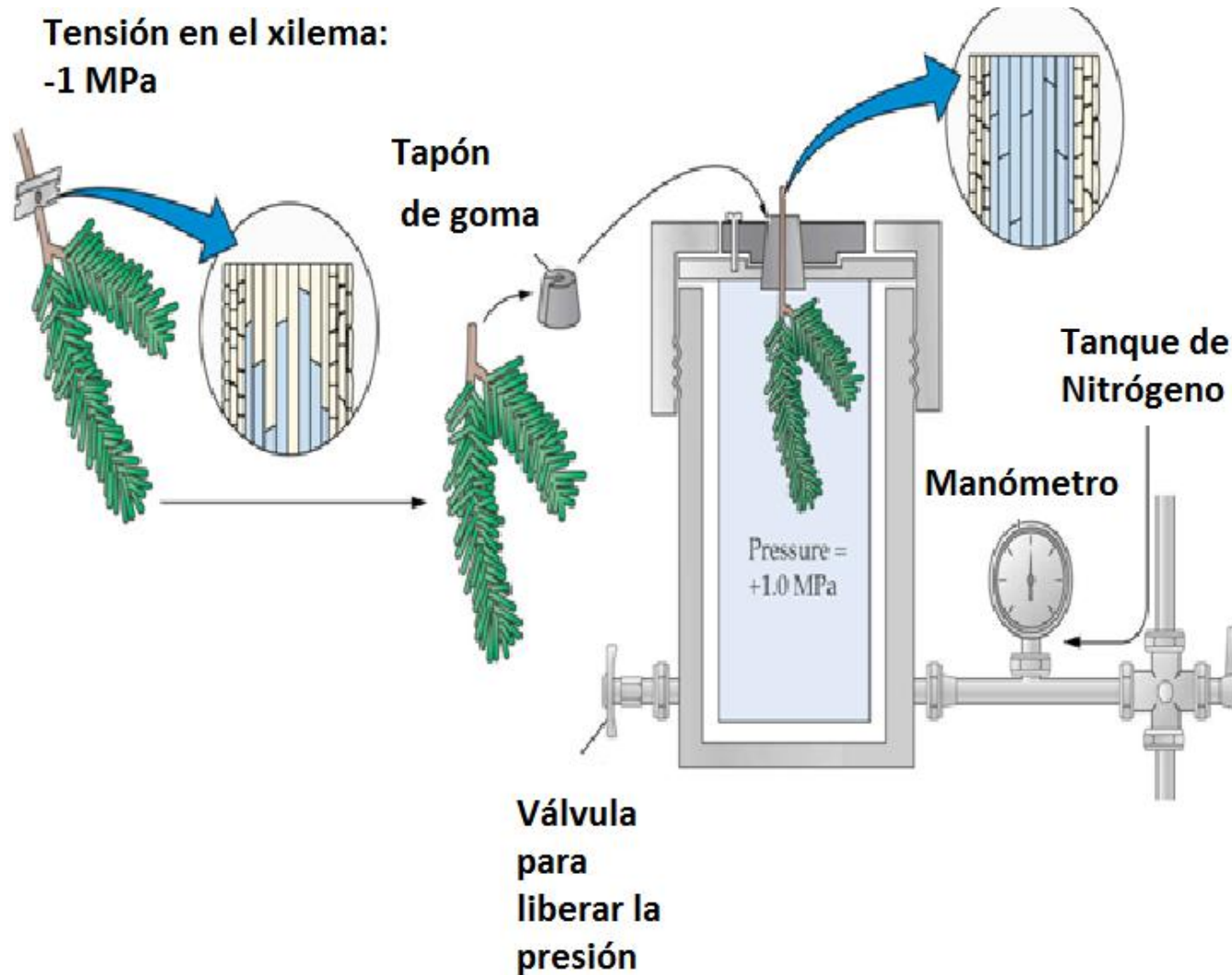
P_{fh} : peso fresco a hidratación máxima

P_s : peso seco

Potencial agua :bomba de Scholander o bomba de presión



Bomba de Scholander: determina el potencial agua del xilema.



**Según la mitología guaraní,
el árbol es un camino desde
la tierra hasta el cielo.**

*Arboles nativos de Argentina,
ecoval ediciones 2015*

