



ADAPTACIONES

- **A LA DISPONIBILIDAD DE LUZ (TOLERANCIA A LA SOMBRA)**
- **A LA DISPONIBILIDAD DE AGUA (ESTRÉS HÍDRICO)**



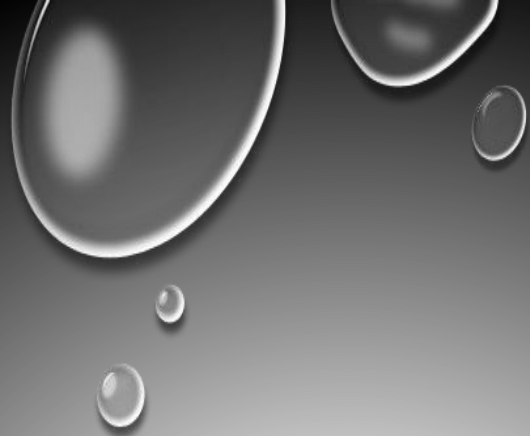
ADAPTACIONES

- **ADAPTACIÓN:** CARACTERÍSTICAS FENOTÍPICAS DE LOS ORGANISMOS QUE INCIDE SOBRE TASAS DE SUPERVIVENCIA Y DE REPRODUCCIÓN
- DEMANDAS SELECTIVAS DEL AMBIENTE.



ADAPTACIONES

- UN GRADIENTE ENTRE DOS EXTREMOS
- TOLERANTES A LA SOMBRA: PUEDEN FOTOSINTETIZAR A BAJA DISPONIBILIDAD DE LUZ
- INTOLERANTES A LA SOMBRA: REQUIEREN ALTA DISPONIBILIDAD DE LUZ



Ser o no ser tolerante a la sombra: economía de agua y carbono en especies arbóreas del Bosque Atlántico (Misiones, Argentina)

PAULA I. CAMPANELLO^{1,2,*}, M.
GENOVEVA GATTI^{1,2}, LIA MONTTI¹,
MARIANAVILLAGRA¹ & GUILLERMO
GOLDSTEIN¹

Ecología Austral Diciembre 2011

ADAPTACIONES



BALANCE HÍDRICO DE LAS PLANTAS

- LA FALTA DE AGUA ES EL PRINCIPAL FACTOR LIMITANTE DE LA PRODUCTIVIDAD DE LAS COMUNIDADES TERRESTRES
- EL ESTRÉS HÍDRICO AFECTA A LA MITAD DE LAS COMUNIDADES TERRESTRES: BOSQUES ABIERTOS, SABANAS, ESTEPAS, DESIERTOS, ETC.
- AÚN LOS SISTEMAS CARACTERÍSTICOS DE CLIMAS HÚMEDOS, TALES COMO LOS BOSQUES TROPICALES LLUVIOSOS, PUEDEN EXPERIMENTAR MODERADOS O SEVEROS



ESTRATEGIAS

- **ESTRATEGIA:** CONJUNTO DE CARACTERÍSTICAS QUE DEFINE LA MANERA EN QUE UN ORGANISMO SOBREVIVE Y SE REPODCE EN UN DETERMINADO AMBIENTE.
- LAS ESTRATEGIAS SON DEFINIDAS POR LOS CIENTIFICOS QUE “VEN” EN UN CONJUNTO DE CARCATERISTICAS UNA “FORMA DE ACTUAR”.



ESTRATEGIAS

- RELACIÓN ENTRE ESTRATEGIAS DE HISTORIA DE VIDA Y ATRIBUTOS

FUNCIONALES EN ESPECIES ARBÓREAS DEL BOSQUE ATLÁNTICO

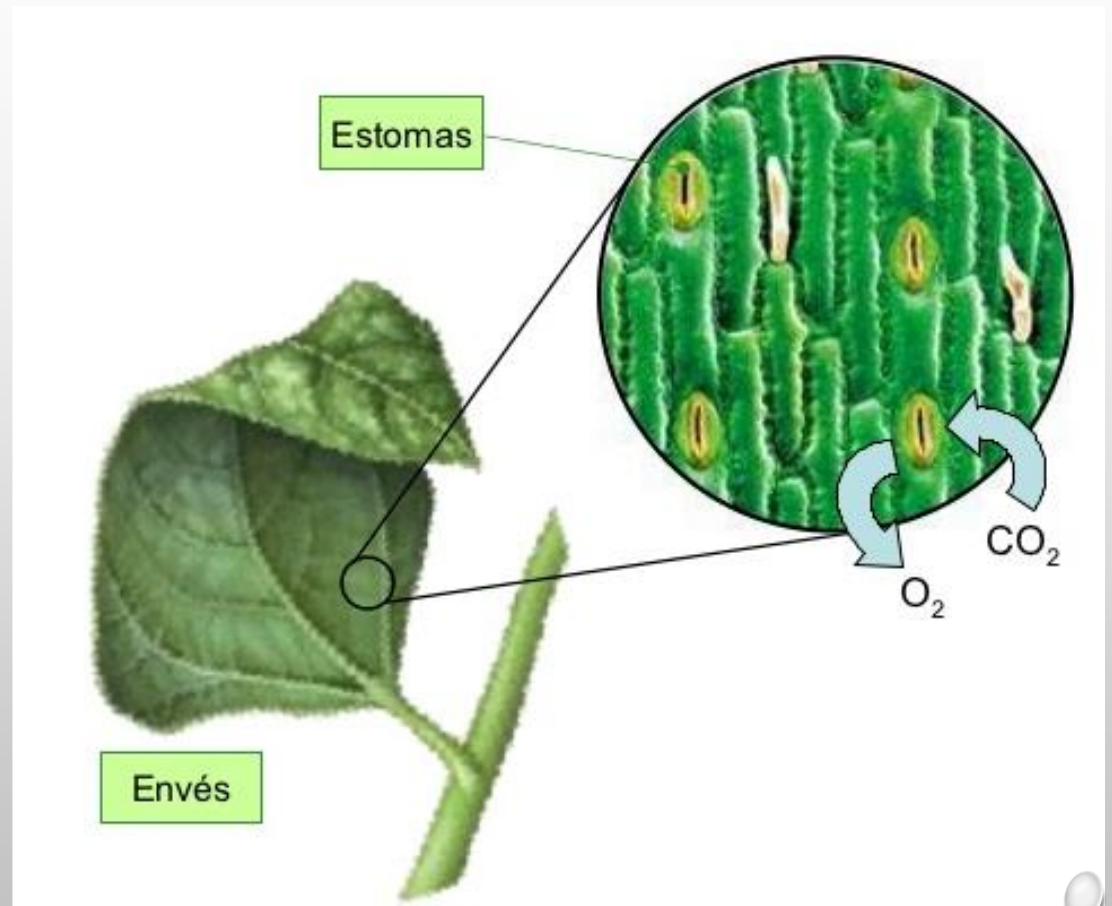
SEMIDECIDUO DE MISIONES

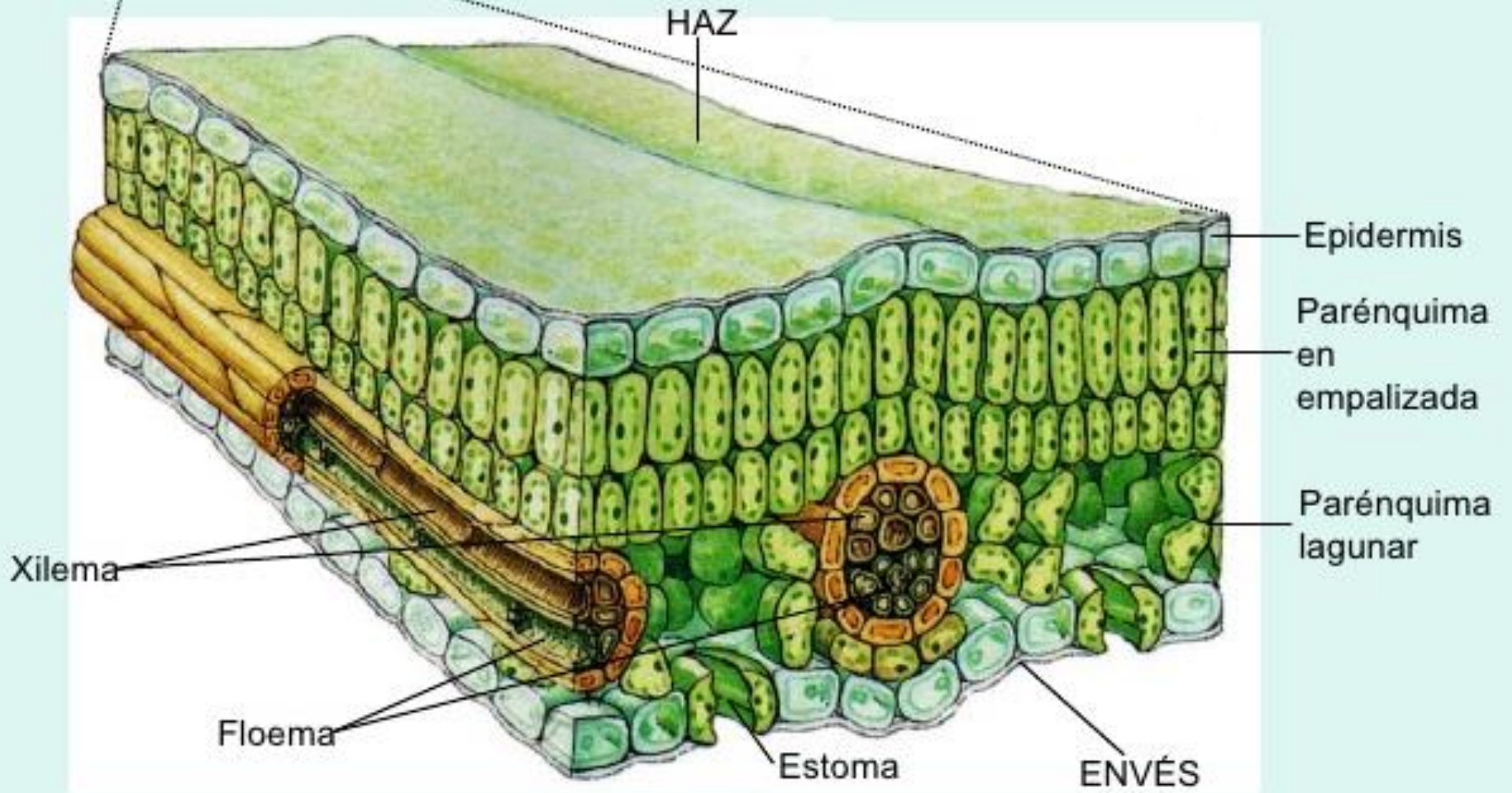
MICAELA MEDINA, LUI J RITTER, PAULA CAMPANELLO Y MARCELO ARTURI

ECOLOGÍA AUSTRAL DICIEMBRE 2019

BALANCE HÍDRICO DE LAS PLANTAS

- TANTO EL CO_2 COMO EL VAPOR DE AGUA ENTRAN A LA HOJA Y SALEN DE LA MISMA POR DIFUSIÓN
- LAS MAGNITUDES RELATIVAS DE LOS GRADIENTES DE DIFUSIÓN INEVITABLEMENTE RESULTAN EN UNA PROPORCIONALMENTE MAYOR PÉRDIDA DE AGUA QUE CAPTACIÓN DE CO_2

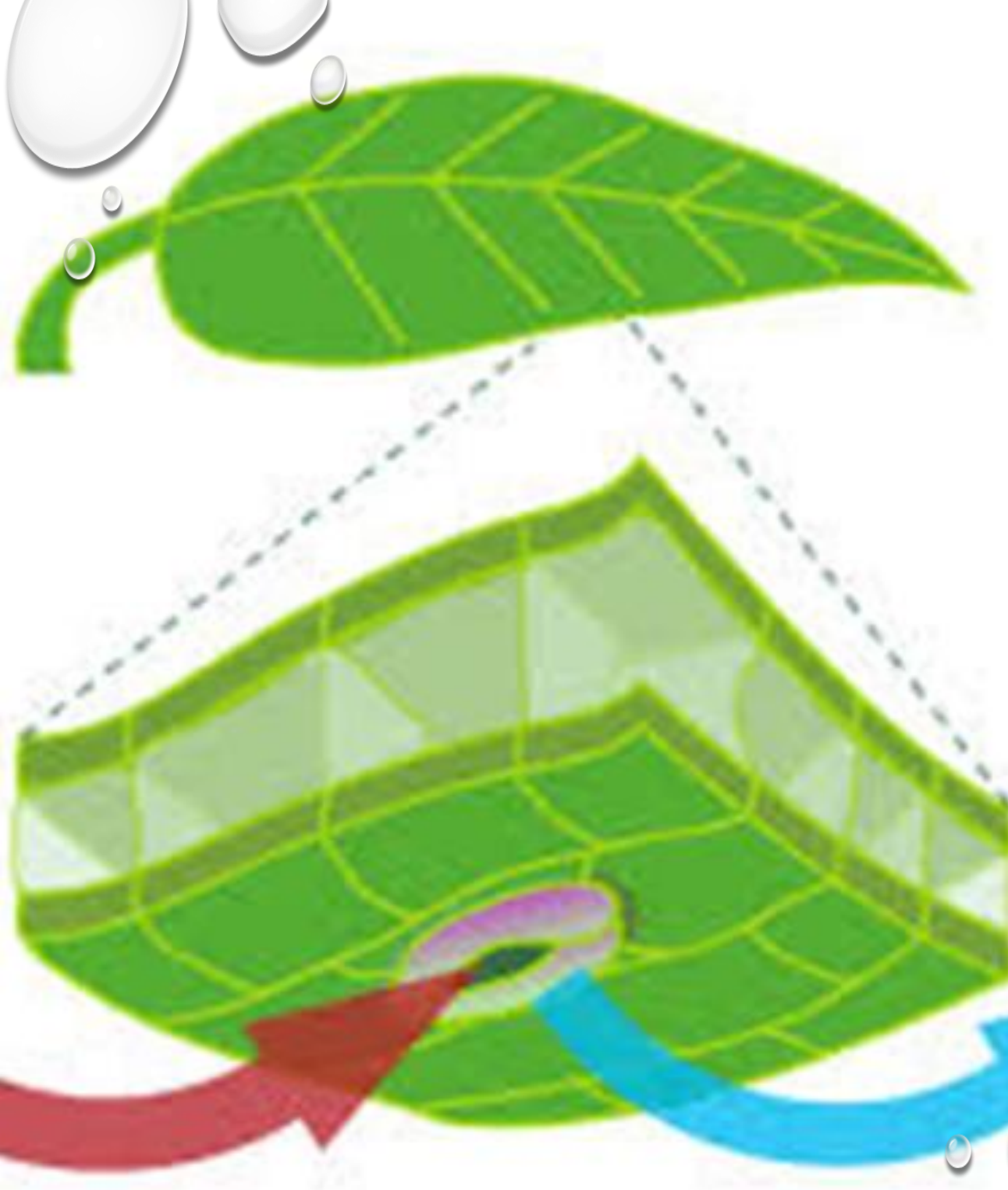






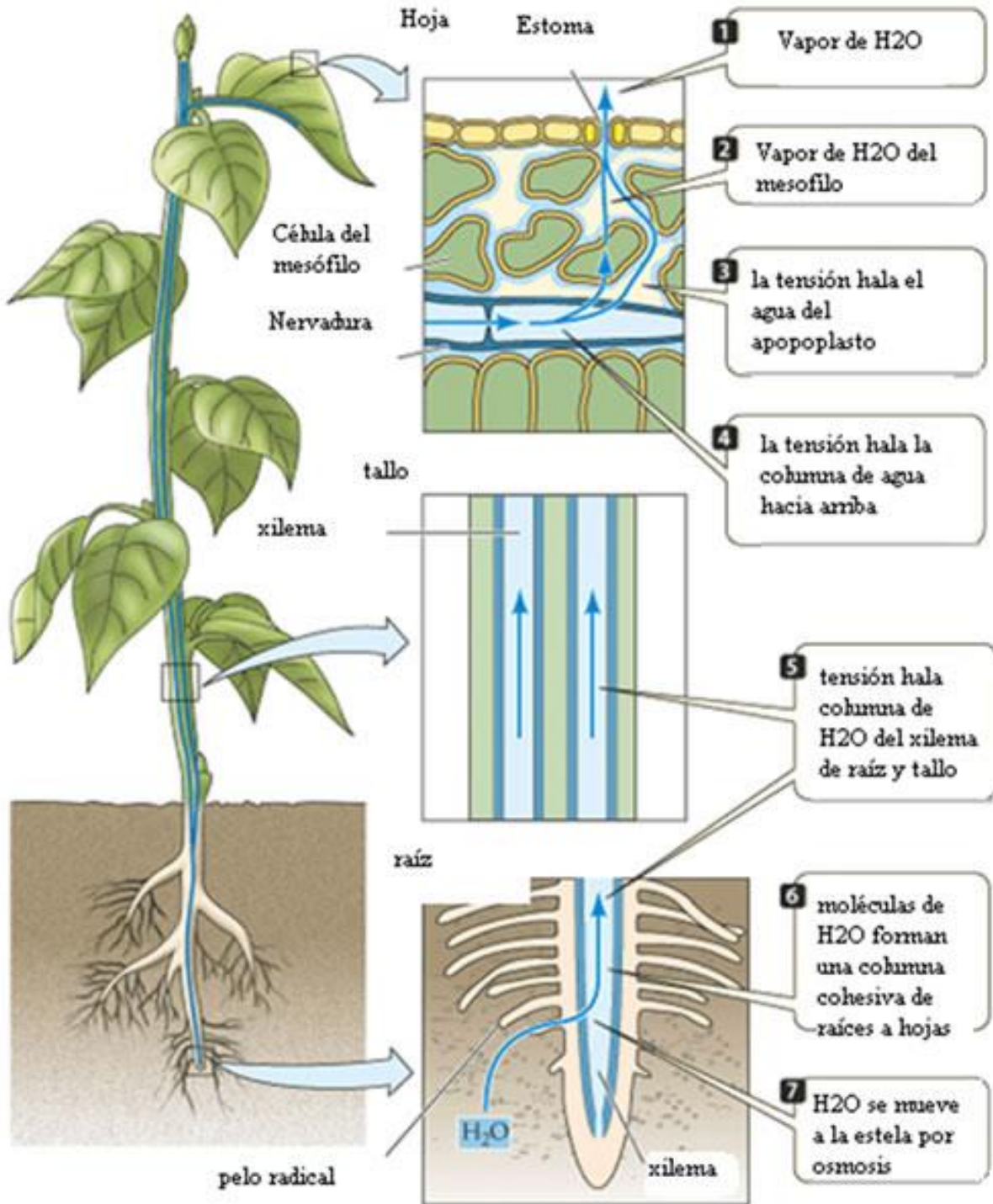
BALANCE HÍDRICO DE LAS PLANTAS

- LA CONCENTRACIÓN ATMOSFÉRICA DE CO₂ ES 0,35 MBAR/BAR Y EL GRADIENTE DE DIFUSIÓN DE LAS PLANTAS ES 0,17 MB/BAR.
- LA DIFERENCIA DE CONCENTRACIÓN DE VAPOR ENTRE LOS TEJIDOS DE UNA HOJA HIDRATADA Y LA ATMÓSFERA GENERALMENTE ES MAYOR A 10 MBAR/BAR Y EN LOS DESIERTOS PUEDE SUPERAR LOS 80 MBAR/BAR.
- EL COCIENTE ENTRE EL GRADIENTE DE DIFUSIÓN DEL VAPOR DE AGUA Y EL DEL CO₂ USUALMENTE ES SUPERIOR A 50 Y PUEDE SER MAYOR QUE 100.



BALANCE HÍDRICO DE LAS PLANTAS

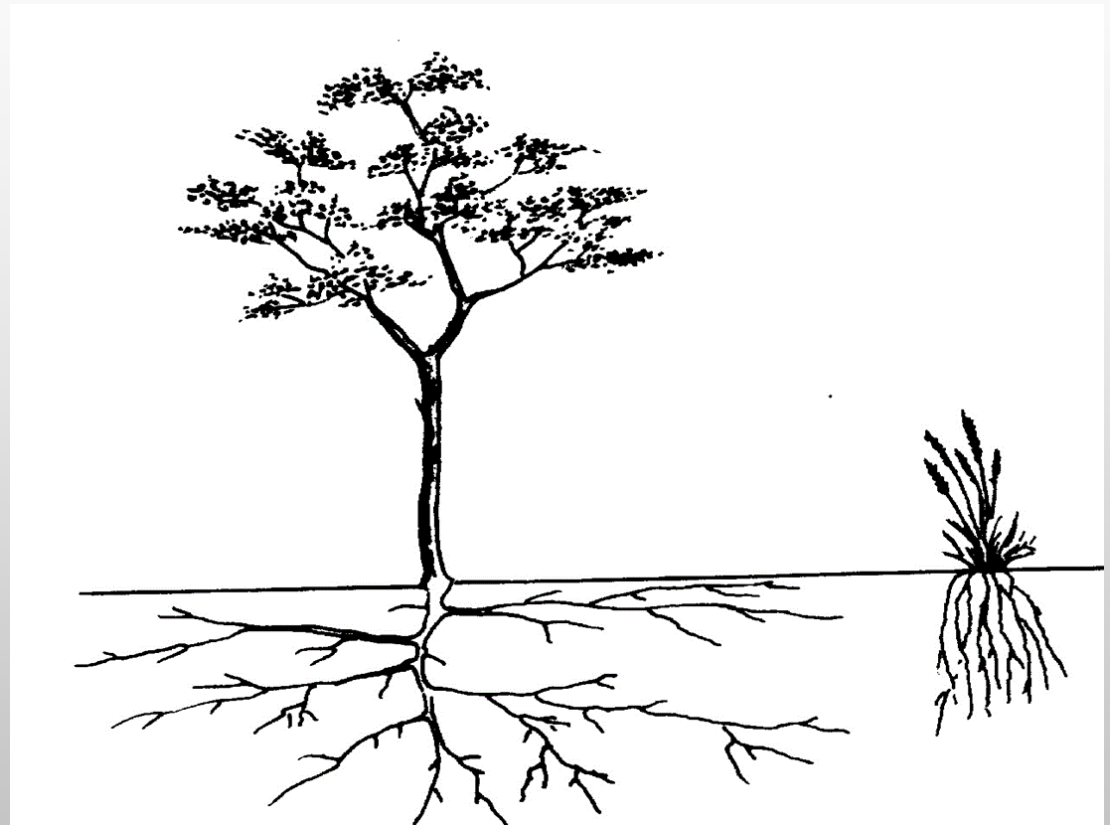
- EN LAS PLANTAS TERRESTRES EXISTE UN COMPROMISO ENTRE ABRIR LOS ESTOMAS PARA REALIZAR FOTOSÍNTESIS O CERRARLOS PARA EVITAR LA DESECACIÓN.



Teoría tenso-coheso-transpiratoria

FACTORES QUE INFLUYEN EN EL BALANCE HÍDRICO

- RELACIÓN RAÍZ:TALLO
- EXPLORACIÓN DEL SUELO, DENSIDAD DE RAÍCES Y ARQUITECTURA DEL SISTEMA SUBTERRÁNEO
- CRECIMIENTO DIFERENCIAL EN PUNTOS DE MAYOR DISPONIBILIDAD DE RECURSOS
- EXUDADOS DE LAS RAÍCES QUE FAVORECEN LA FORMACIÓN DE AGREGADOS DEL SUELO



RELACIÓN RAIZ-TALLO

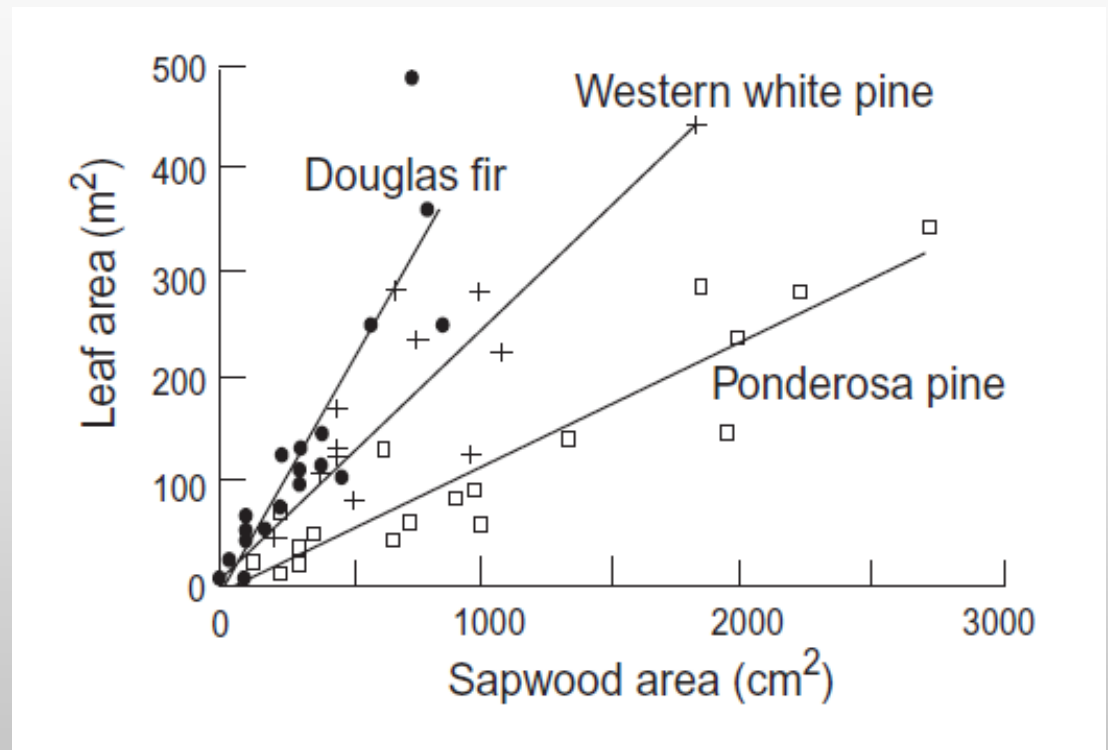
- LA PÉRDIDA DE AGUA EN LAS HOJAS ESTÁ ESTRECHAMENTE ACOPLADA CON LA CAPTACIÓN DE AGUA EN LAS RAÍCES
- CUANDO EL AGUA DEL SUELO DECRECE POR DEBAJO DE CIERTO NIVEL CRÍTICO, DECRECE LA PRODUCCIÓN Y TRANSPORTE DE CITOQUININAS DE LAS RAÍCES A LAS HOJAS
- MENORES NIVELES DE CITOQUININAS PUEDEN CONDUCIR AL CIERRE PARCIAL DE ESTOMAS
- LAS RAÍCES EN SUELOS CON BAJOS NIVELES DE HUMEDAD PRODUCEN ÁCIDO ABCSÍCO (ABA), HORMONA QUE ES TRANSPORTADA A LAS HOJAS Y CAUSA UNA REDUCCIÓN DE LA CONDUCTANCIA ESTOMÁTICA



FLUJO DE AGUA Y ALMACENAMIENTO EN LOS TALLOS

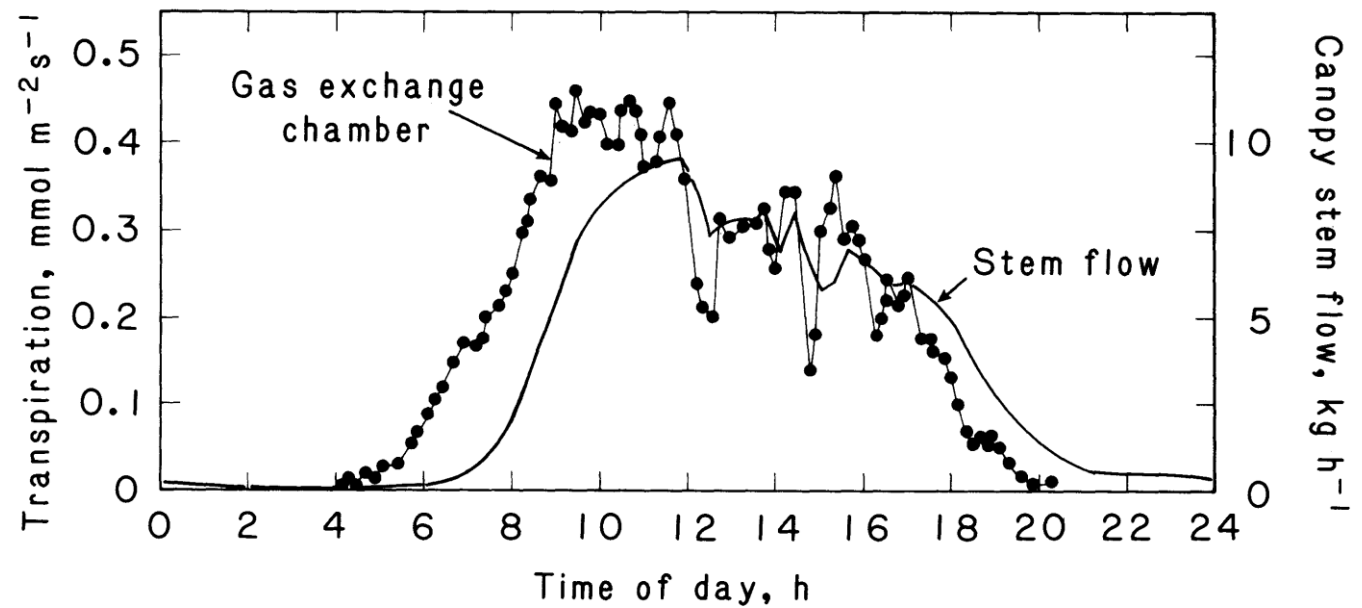
- EN EL XILEMA, EL FLUJO DE AGUA ES FUNCIÓN DEL GRADIENTE DE POTENCIAL ENTRE LA ATMÓSFERA Y EL SUELO, EL RADIO DE LOS VASOS DE CONDUCCIÓN Y LA VISCOSIDAD DE LA SOLUCIÓN

- EN MUCHAS LEÑOSAS EXISTE UNA ESTRECHA RELACIÓN ENTRE EL ÁREA FOLIA TOTAL DE LA COPA Y EL ÁREA DE LA ALBURA (XILEMA FUNCIONAL: SAPWOOD)



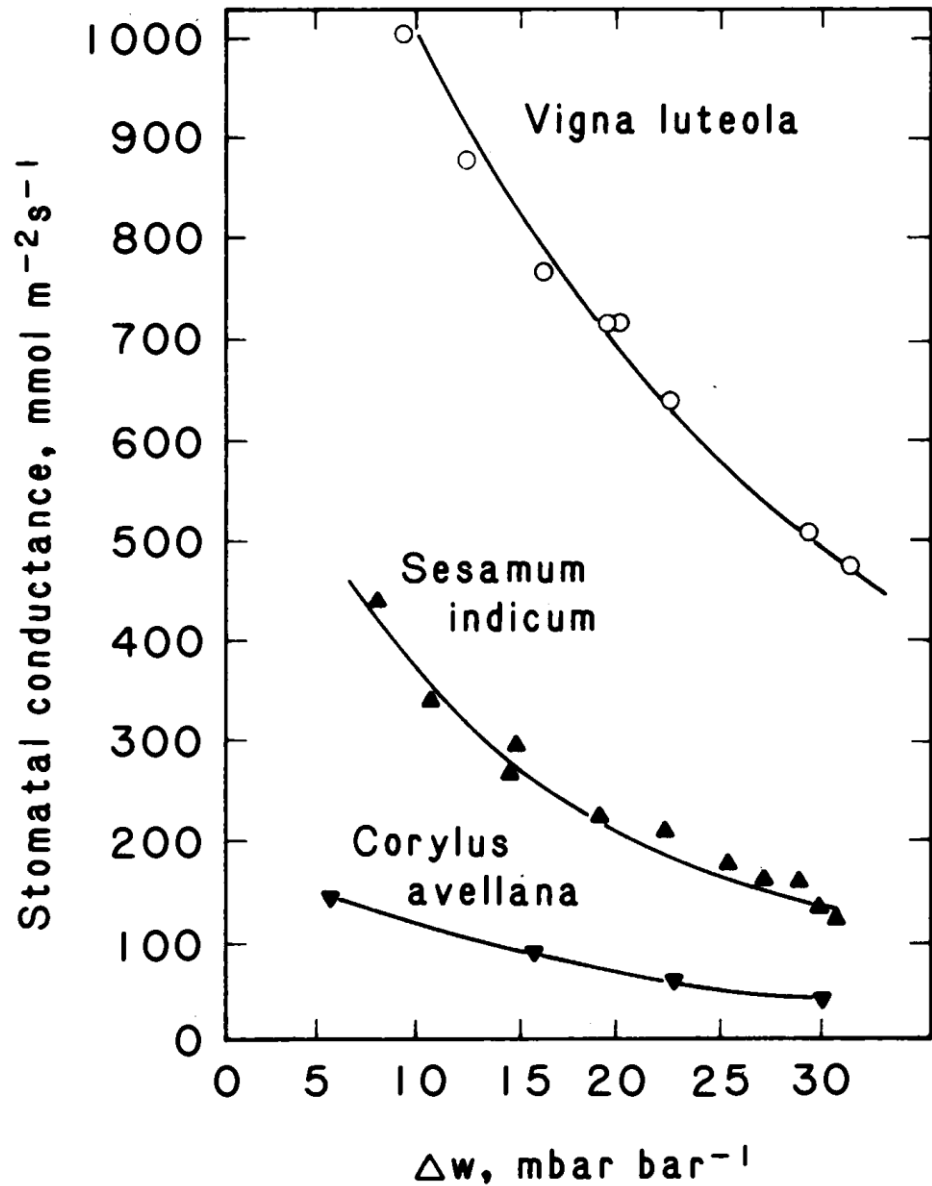
FLUJO DE AGUA Y ALMACENAMIENTO EN LOS TALLOS

- EN LOS ÁRBOLES, EL AGUA DEL XILEMA PERMITE LA TRANSPIRACIÓN EN CIERTOS MOMENTOS DEL DÍA, POR EJ. CUANDO EL SUELO ESTÁ MUY FRÍO Y LA TASA DE ABSORCIÓN DE AGUA EN LAS RAÍCES ES BAJA.



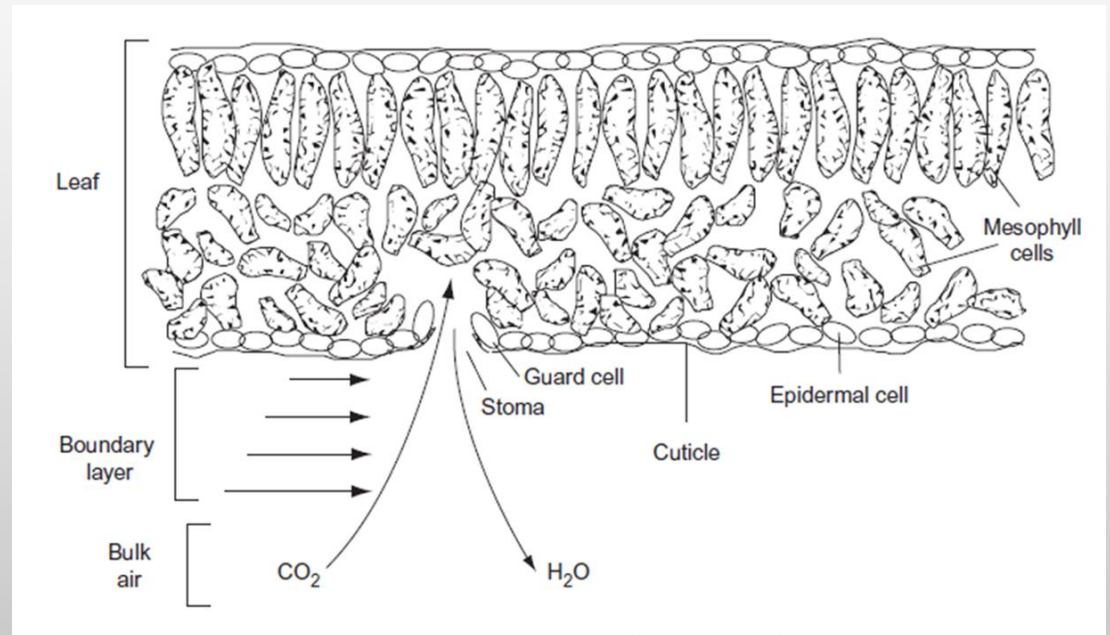
PÉRDIDA DE AGUA EN LAS HOJAS

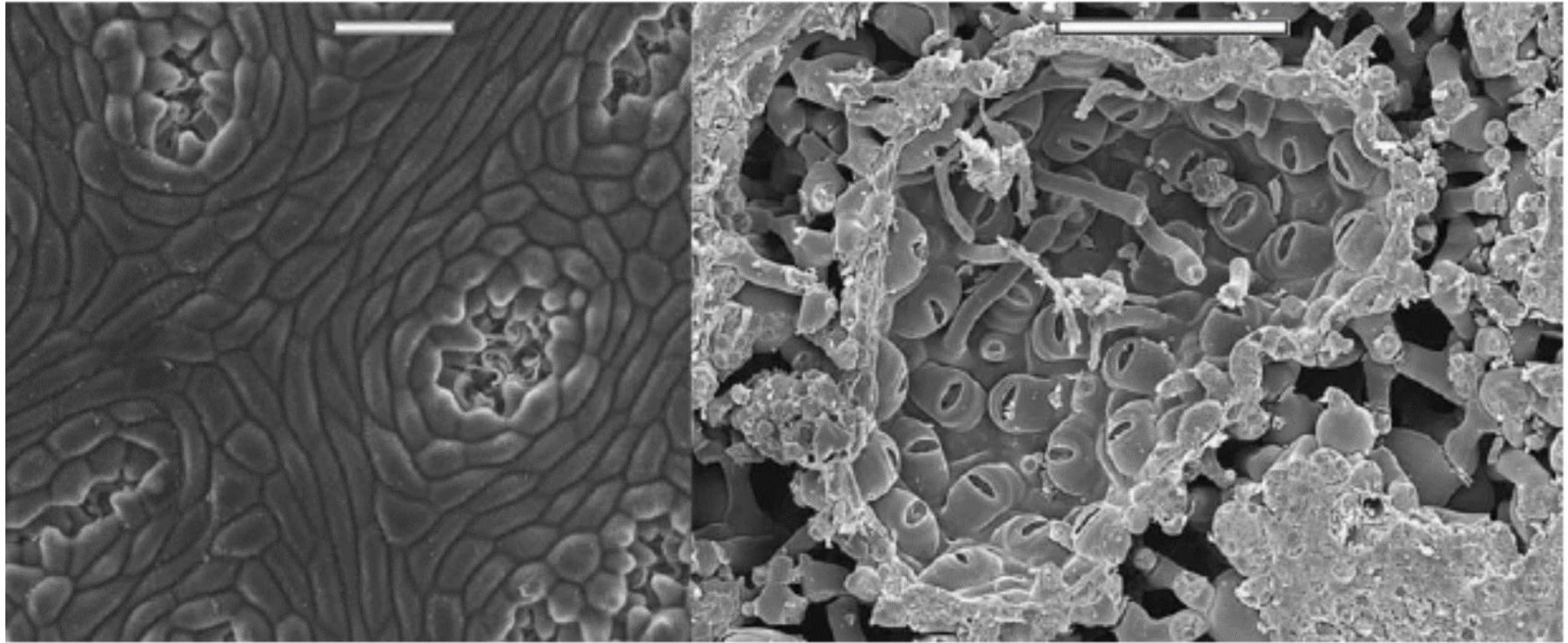
- LOS ESTOMAS RESPONDEN A LA DISPONIBILIDAD HÍDRICA DEL SUELO (MEDIADO POR LAS RAÍCES)
- LOS ESTOMAS RESPONDEN DIRECTAMENTE A LA DISMINUCIÓN DE LA HUMEDAD DE LA ATMÓSFERA



EL BALANCE TÉRMICO DE LAS PLANTAS

- LA PÉRDIDA DE VAPOR DE AGUA Y EL TRANSPORTE DE CALOR ESTÁN ÍNTIMAMENTE RELACIONADOS Y UNO INFLUYE SOBRE EL OTRO.
- EL TRANSPORTE DE VAPOR DE AGUA Y DE CALOR ESTÁ CONTROLADO POR PROPIEDADES AERODINÁMICAS DE LAS HOJAS

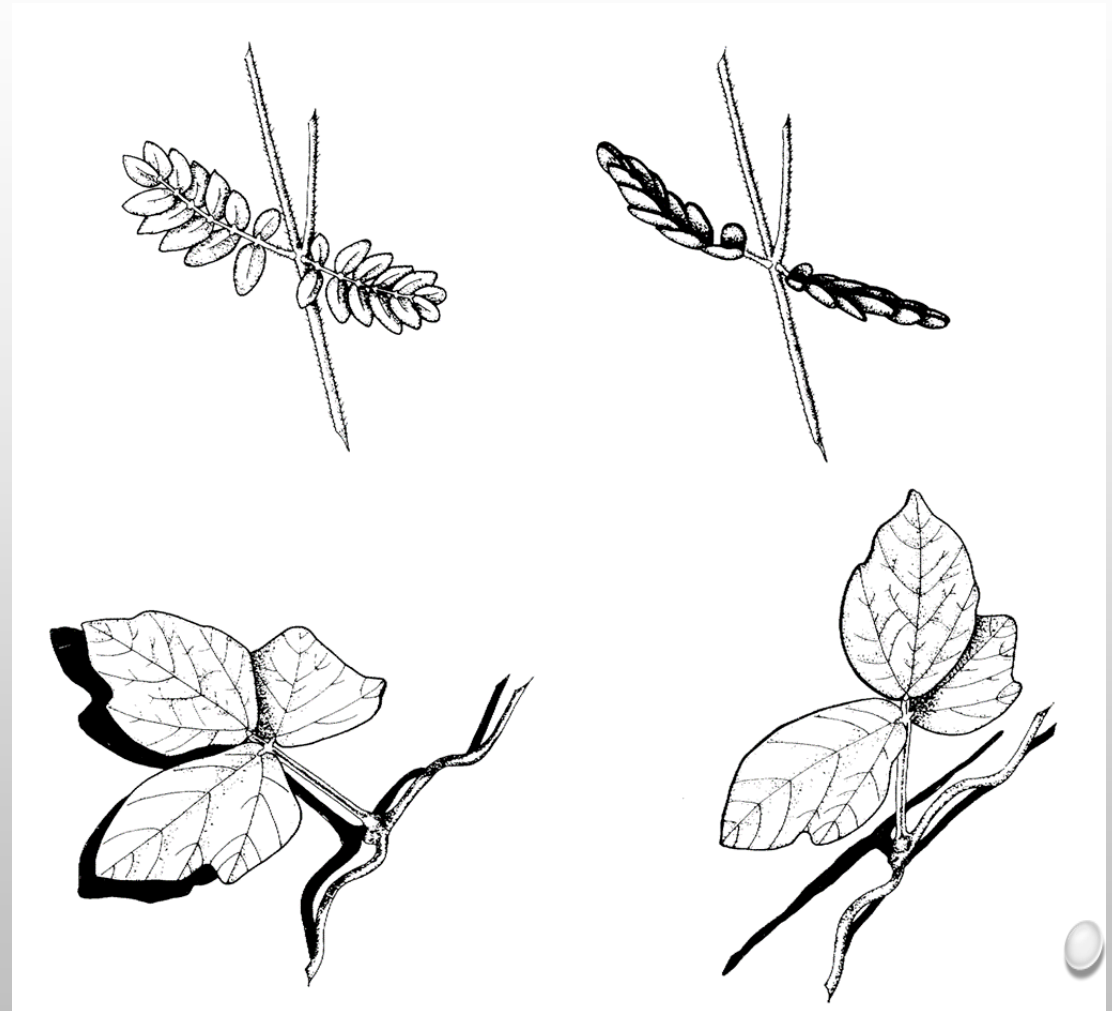




Estomas en criptas: A) en la cara abaxial de hojas de *Banksia quercifolia*, mostrando pocos tricomas. B) cara abaxial de hojas de *B. elderiana*. Los estomas están restringidos a la cripta

ADAPTACIONES A LA SEQUÍA

- **REDUCCIÓN DEL AREA FOLIAR:** EVITA EL DÉFICIT HÍDRICO SEVERO PERO DISMINUYE LA PRODUCTIVIDAD POTENCIAL
- **CIERRE DE ESTOMAS:** MANTIENE EL CONTENIDO DE AGUA DE LOS TEJIDOS PERO RESTRINGE EL FLUJO DE C Y AUMENTA LA TEMPERATURA INTERNA.
- MECANISMOS PARA **DISMINUIR LA ABSORCIÓN DE RADIACIÓN SOLAR EN LAS HOJAS:** DISMINUIR EL ÁNGULO DE INCIDENCIA DE LOS RAYOS SOLARES, DISMINUIR LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE LA SUPERFICIE FOLIAR (PRESENCIA DE PELOS, CERAS, ETC.)



BALANCE DE AGUA, CRECIMIENTO Y ASIGNACIÓN DEL CARBONO

- ANTE LA ESCASEZ DE AGUA LAS PLANTAS REDUCEN LA PRODUCCIÓN DE HOJAS
- LA DISMINUCIÓN DE LA MASA DE HOJAS VA ACOMPAÑADA POR UN INCREMENTO DEL COCIENTE DE BIOMASA RAÍZ/TALLO
- LA DISTRIBUCIÓN ÓPTIMA DE FOTOASIMILADOS ENTRE TEJIDOS AÉREOS Y SUBTERRÁNEOS ES LA QUE LLEVA A UNA MÁXIMA PRODUCCIÓN SIN AFECTAR EL ESTADO HÍDRICO DE LA PLANTA





ESTRATEGIAS FRENTE AL ESTRÉS HÍDRICO

- LA FALTA DE AGUA O DÉFICIT HÍDRICO SE PUEDE INTERPRETAR EN TRES TIPOS ESTRATEGIAS
- EVITAR O PREVENIR EL ESTRÉS (**MECANISMOS EVITADORES**)
- SOPORTAR O RESISTIR EL ESTRÉS (**MECANISMOS TOLERANTES**)
- **ESTRATEGIA ELUSIVA O DE ESCAPE** DE LA SEQUÍA:
LAS PLANTAS COMPLETAN SU CICLO VITAL ANTES DE LA LLEGADA DEL ESTRÉS HÍDRICO Y, PASAN EL PERÍODO DESFAVORABLE LO PASAN EN FORMA DE SEMILLA. EJ. ESPECIES ANUALES, TAMBIÉN ESPECIES QUE ENTRAN EN DORMANCIA COMO LAS HERBÁCEAS RIZOMATOSAS.



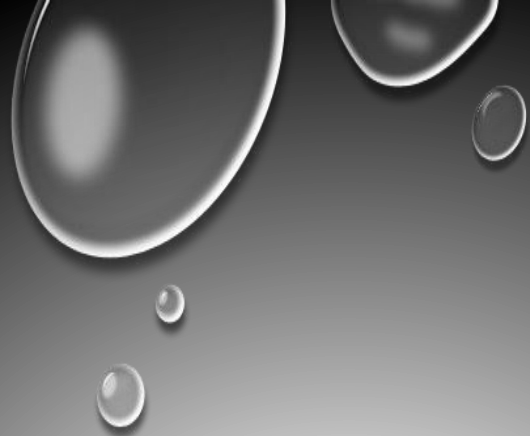
ESTRATEGIAS FRENTE AL ESTRÉS HÍDRICO

- EN LA ESTRATEGIA **EVITADORA** DEL ESTRÉS HÍDRICO LAS PLANTAS PREVIENEN O MINIMIZAN EL EFECTO DEL ESTRÉS MEDIANTE DOS MECANISMOS EVITADORES:
 - MAXIMIZANDO LA ABSORCIÓN DE AGUA (SISTEMAS RADICALES PROFUNDOS). DERROCHE DE AGUA, QUE PERMITE MANTENER HIDRATADOS LOS TEJIDOS EN PLENA SEQUÍA.
 - CUANDO LAS CONDICIONES DE DÉFICIT HÍDRICO SE ACENTÚAN, LOS DERROCHADORES NO PUEDEN MANTENER LAS ELEVADAS TASAS DE TRANSPIRACIÓN, Y O BIEN SE VUELVEN AHORRADORES O BIEN EL INDIVIDUO MUERE.
 - AHORRANDO DE AGUA, MEDIANTE EL CIERRE DE ESTOMAS, DISMINUCIÓN DE CONDUCTANCIA ESTOMÁTICA, HOJAS PEQUEÑAS, BAJAS TASAS DE TRANSPIRACIÓN.



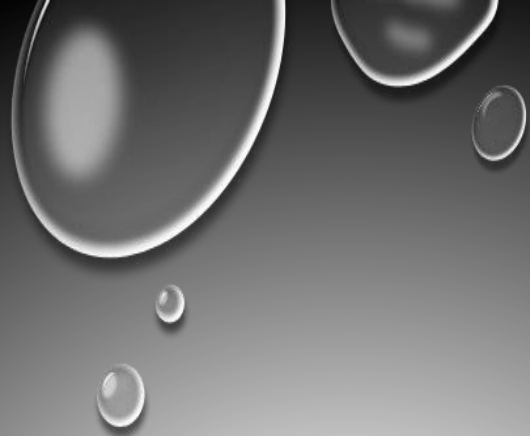
ESTRATEGIAS FRENTE AL ESTRÉS HÍDRICO

- LAS ESPECIES CON **ESTRATEGIA TOLERANTE** SON AQUELLAS QUE TIENEN MECANISMOS QUE MINIMIZAN O ELIMINAN LOS EFECTOS QUE PODRÍAN SUFRIR COMO CONSECUENCIA DEL ESTRÉS, ALCANZANDO UN EQUILIBRIO TERMODINÁMICO CON EL ESTRÉS SIN SUFRIR DAÑOS.



ESTRATEGIAS FRENTE AL ESTRÉS HÍDRICO

- **UNO DE LOS PRINCIPALES MECANISMOS PARA TOLERAR EL ESTRÉS HÍDRICO EN ESTAS ESPECIES OCURRE A NIVEL CELULAR:**
 - SE ACUMULAN SOLUTOS QUE NO AFECTAN NEGATIVAMENTE LA FUNCIONALIDAD DE MACROMOLECULAS CELULARES.
 - ESTOS SOLUTOS SON MOLÉCULAS ORGÁNICAS DE BAJO PESO MOLECULAR LLAMADOS **OSMOLITOS** (POR EJ. PROLINA Y OTROS AMINOÁCIDOS, LAS POLIAMINAS, Y COMPUESTOS COMO LA GLICINA BETAINA, LA SACAROSA, LOS POLIOLES, LOS AZÚCARES ALCOHOLES Y OTROS OLIGOSACÁRIDOS)
 - LOS OSMOLITOS SON COMPUESTOS QUE REPRESENTAN UNA FUNCIÓN IMPORTANTE EN EL AJUSTE OSMÓTICO.



ESTRATEGIAS FRENTE AL ESTRÉS HÍDRICO

- LA OSMOPROTECCIÓN ESTA DADA POR LA CAPACIDAD ESTABILIZADORA DE ALGUNOS DE ESTOS SOLUTOS SOBRE MACROMOLÉCULAS COMO LAS PROTEÍNAS Y LOS SISTEMAS DE MEMBRANA CELULARES.
- LA ACUMULACIÓN DE ALGUNOS DE ESTOS OSMOLITOS, ADEMÁS DE PROMOVER LA OSMOPROTECCIÓN, PROTEGE A LAS MEMBRANAS Y A LAS PROTEÍNAS DE LA DESHIDRATACIÓN, Y ACTÚA COMO DESINTOXICADOR DE RADICALES LIBRES.
- LA SÍNTESIS DE ALGUNOS DE ESTOS OSMOLITOS PUEDE SER INDUCIDA POR ESTRÉS HÍDRICO O SALINO.

Mecanismos de respuesta al estrés hídrico.—A continuación se relacionan los principales mecanismos de tolerancia (TOL) o evitación (EVIT) del déficit hídrico según: Levitt (1980), Turner (1986), Kozlowski et al. (1991), Jones (1992), Larcher (1995), Ludlow (1987), Prasad (1996), Boyer, (1996), Nilsen & Orcutt (1996). Leyenda: RWC, contenido hídrico relativo; SLW, peso específico foliar; Y: potencial hídrico.

| Rasgo | Estrategia |
|---|------------|
| Hojas | |
| – Mantenimiento de Ψ alto | EVIT |
| – Mantenimiento de Ψ bajo | TOL |
| – Cierre de estomas a RWC alto | EVIT |
| – Cierre de estomas a RWC bajo | TOL |
| – Fuerte cierre de estomas al mediodía | EVIT |
| – Baja absorción de la radiación | EVIT |
| – Alta capacitancia foliar | EVIT |
| – Baja conductancia cuticular | EVIT |
| – Alto SLW | EVIT |
| – Poca cantidad de hojas | EVIT |
| – Abscisión foliar durante el estrés | EVIT |
| Raíces | |
| – Raíces profundas | EVIT |
| – Gran densidad de raíces | EVIT |
| – Alta superficie de absorción en relación con baja superficie transpirante | EVIT |
| – Raíces suberificadas | EVIT |
| – Alta relación biomasa radical / biomasa aérea | EVIT |
| – Sistema radical dual | EVIT |
| – Alto peso específico radical | EVIT |
| – Alta conductividad hidráulica | EVIT |

Mecanismos de respuesta al estrés hídrico.—A continuación se relacionan los principales mecanismos de tolerancia (TOL) o evitación (EVIT) del déficit hídrico según: Levitt (1980), Turner (1986), Kozlowski et al. (1991), Jones (1992), Larcher (1995), Ludlow (1987), Prasad (1996), Boyer, (1996), Nilsen & Orcutt (1996). Leyenda: RWC, contenido hídrico relativo; SLW, peso específico foliar; Y: potencial hídrico.

Anatomía/Metabolismo

| | |
|---|------|
| – Tejidos sensibles a deshidratación (RWC letal > 50%) | EVIT |
| – Tejidos resistentes a deshidratación (RWC letal < 25%) | TOL |
| – Resistente a la cavitación del xilema | TOL |
| – Pequeño tamaño celular | TOL |
| – Ajuste osmótico | TOL |
| – Alta elasticidad pared celular | TOL |
| – Capacidad de rebrote | TOL |
| – Resistencia a la disfuncionalidad de membrana celular | TOL |
| – Acumulación sustancias osmoprotectoras (prolina, betaína,...) | TOL |
| – Sistemas antioxidantes | TOL |
| – Estabilidad pigmentos fotosintéticos | TOL |
| – Alta fotoinhibición | TOL |

Estrategias frente al estrés hídrico

Ser planta en el desierto: estrategias de uso de agua y resistencia al estrés hídrico en el Monte Central de Argentina



Los organismos que habitan en estas zonas han desarrollado una serie de adaptaciones anatómicas, estructurales, bioquímicas y fisiológicas que les permiten mantener un balance adecuado de agua y energía térmica.

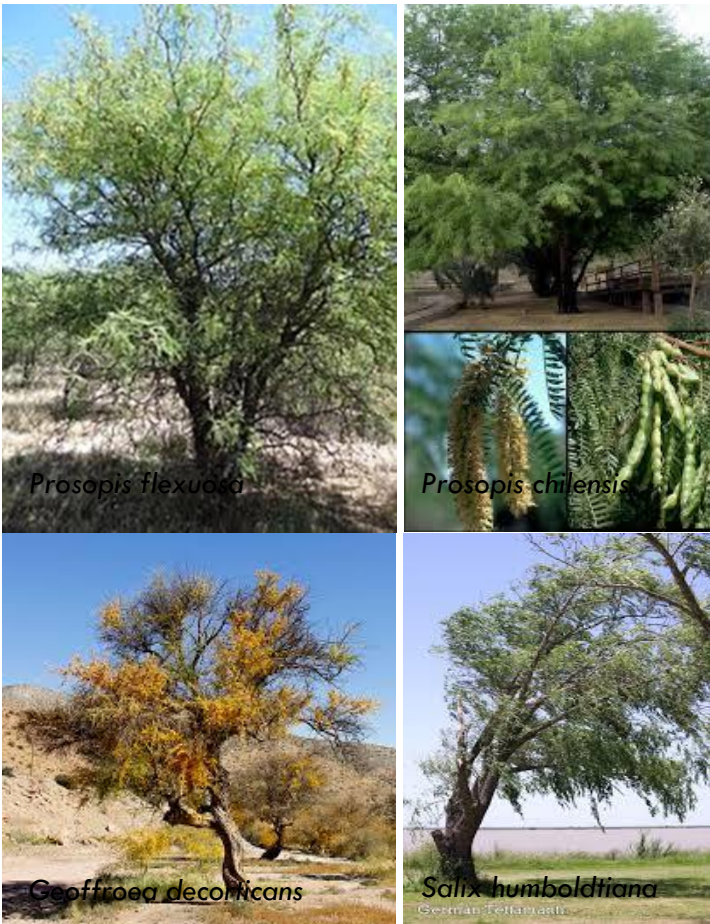
Estrategias frente al estrés hídrico

Estas adaptaciones se repiten en distintos desiertos lo que sugiere una **convergencia evolutiva**, e incluyen:

- ✓ ajustes fenológicos a la disponibilidad de agua,
- ✓ características morfofisiológicas que reducen la pérdida de agua o aumentan su adquisición,
- ✓ mecanismos de regulación del estrés térmico,
- ✓ respuesta rápida a los pulsos de recursos y
- ✓ exploración de fuentes de agua profundas.

Estrategias frente al estrés hídrico

ADAPTACIONES Y UTILIZACIÓN DEL AGUA POR LAS FORMAS DE VIDA MÁS REPRESENTATIVAS DEL MONTE



Las principales especies arbóreas del Monte Central son:

- ✓ *Prosopis flexuosa* “algarrobo dulce”,
- ✓ *P. chilensis* “algarrobo blanco”,
- ✓ *Geoffroea decorticans* “chañar” y
- ✓ *Salix humboldtiana* “saucedillo” (este último sólo presente en las márgenes de los cursos de agua permanentes).

Estrategias frente al estrés hídrico

Las especies de *Prosopis* pueden utilizar **agua superficial y subterránea** (agua freática) ya que desarrollan un **sistema radical dimórfico** con una raíz leñosa de trayecto vertical, de rápido crecimiento en relación al crecimiento aéreo y una corona de raíces superficiales laterales

En el Monte central los algarrobos que forman bosques en los **valles inter-médanos absorben agua freática** (localizada entre 7-13 m de profundidad) y agua de lluvia en distintas proporciones dependiendo de la disponibilidad de esta última.



Prosopis flexuosa

Estrategias frente al estrés hídrico

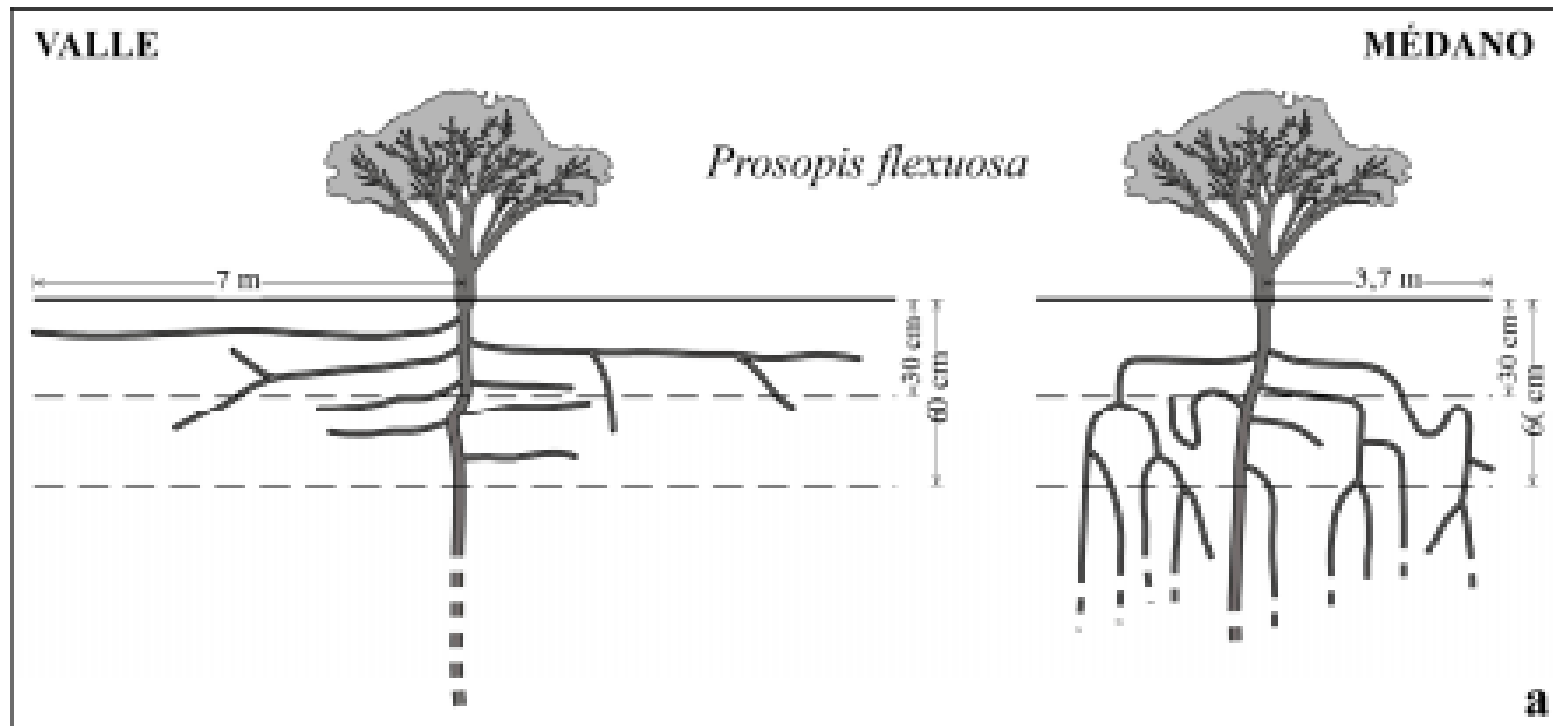
Además, en esta región, *P. flexuosa* también vive en flancos de médanos de hasta 20 m de altura por sobre el nivel de los valles que presentan zonas subsuperficiales en condiciones sub-saturadas de humedad (aproximadamente 4 % de contenido gravimétrico de agua a partir del metro de profundidad).

Allí se observó que esta especie utiliza principalmente agua de lluvia mientras que no se encontraron indicios de consumo importante de agua freática, lo que sugiere que esta especie se comporta como freatófita facultativa en una de las regiones más áridas del desierto del Monte



Prosopis flexuosa

Estrategias frente al estrés hídrico



Arquitectura de las raíces de *Prosopis flexuosa* en el valle y en la duna

Las especies de *Prosopis* pueden utilizar **agua superficial y subterránea** (agua freática) presentan:

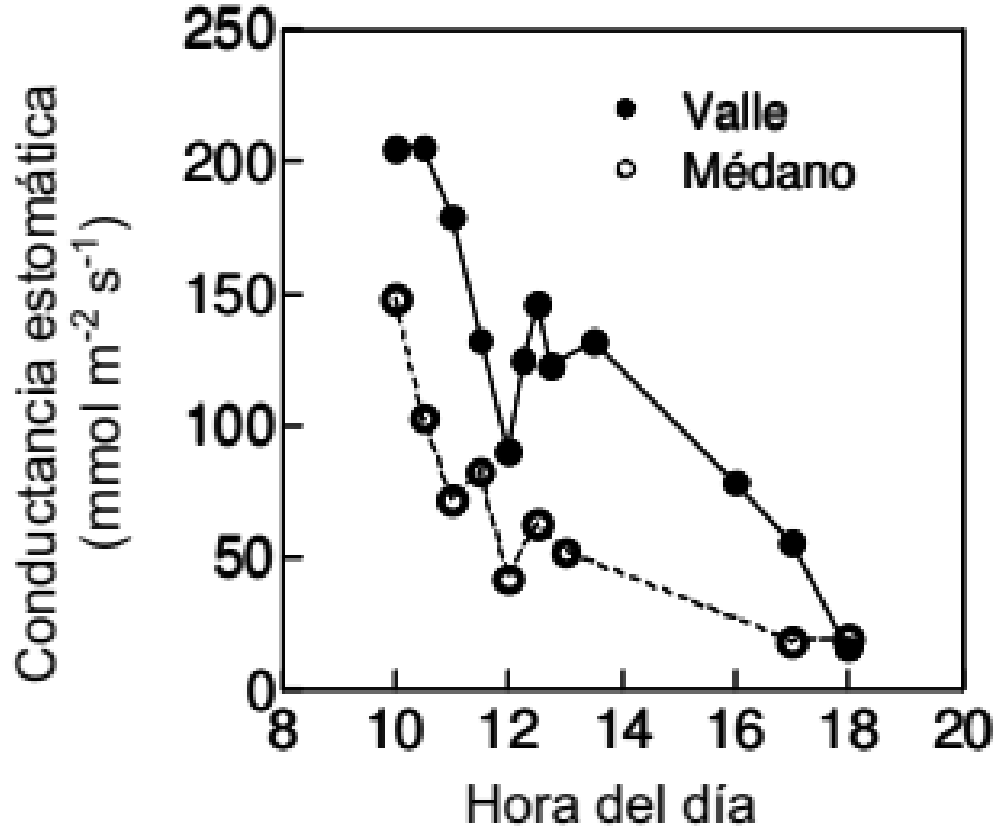
- ✓ **sistema radical dimórfico** con una raíz leñosa de trayecto vertical, de rápido crecimiento en relación al crecimiento aéreo y
- ✓ una corona de **raíces superficiales laterales**

Estrategias frente al estrés hídrico



- ✓ **La capacidad de vivir en los flancos de médanos sin acceso al agua freática se asocia a una gran plasticidad en la arquitectura de sus raíces superficiales**
- ✓ **En el valle las raíces se extienden superficialmente recorriendo largas distancias lejos del árbol de origen**
- ✓ **El área de influencia de las raíces superficiales en los árboles de los valles puede ser varias veces superior a la de los árboles del médano**
- ✓ ***P. flexuosa* abre sus estomas durante las horas de la mañana y los cierra a partir del mediodía, demostrando una dinámica diaria que le permitiría evitar altas tasas de pérdida de agua por transpiración durante los períodos de mayor demanda atmosférica**

Estrategias frente al estrés hídrico



P. flexuosa cierra sus folíolos a **diferentes ángulos**, lo que reduce el área foliar que intercepta radiación solar y podría ser un mecanismo de fotoprotección frente a un exceso de radiación en condiciones de baja disponibilidad de agua

Variación diaria de la conductancia estomática al vapor de agua en individuos de *Prosopis flexuosa* representativos del valle y de los médanos

Estrategias frente al estrés hídrico

Estudios anatómicos del leño de *P. flexuosa* sugieren **variaciones en la arquitectura hidráulica y en la anatomía del leño** a lo largo del **desarrollo** de la planta y en ambientes con distinto régimen de precipitaciones

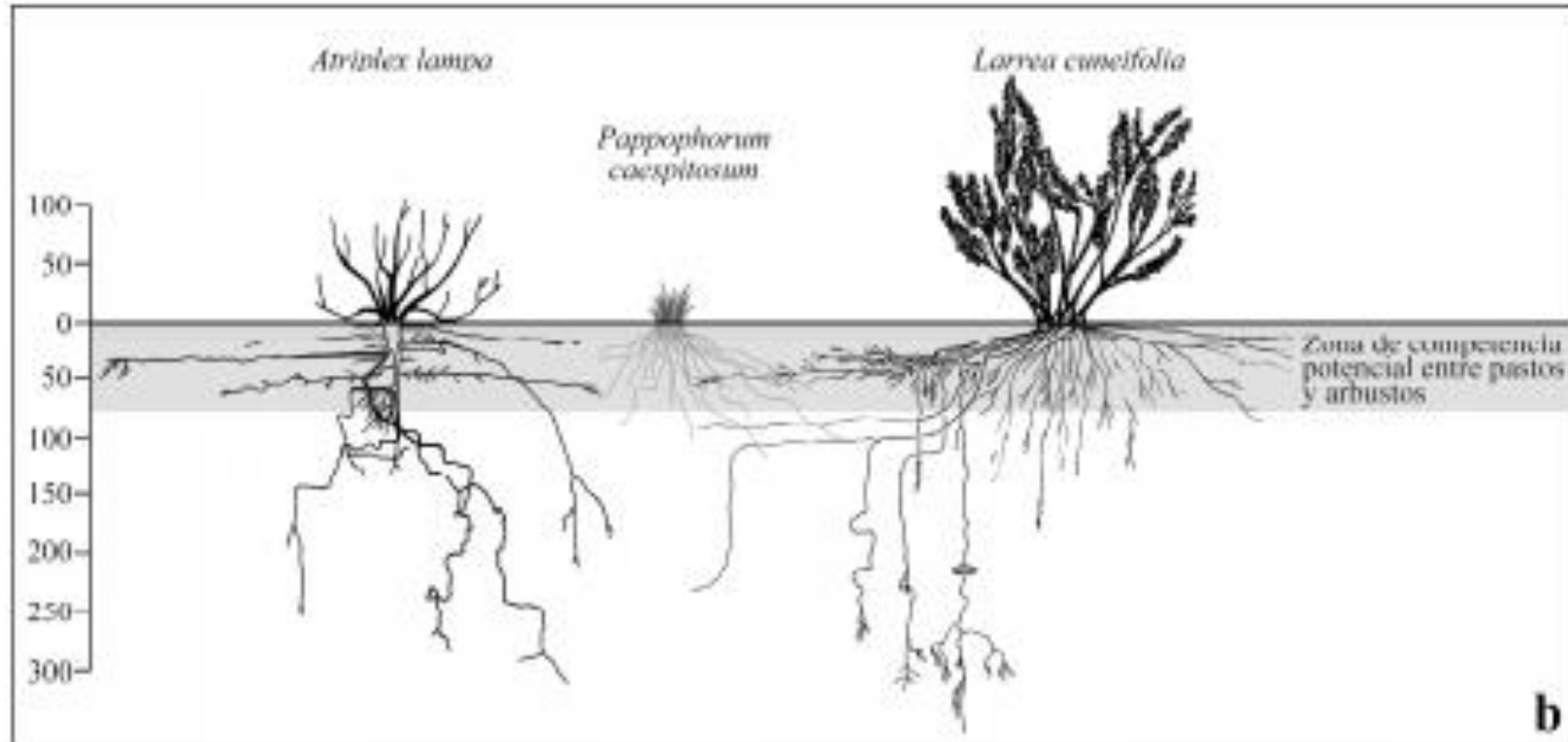
En un área con **150 mm de precipitación anual** se observó que los individuos **juveniles** de *P. flexuosa* presentan un xilema con numerosos **vasos pequeños y agrupados**, lo que podría indicar una **mayor resistencia a la cavitación** por estrés hídrico



En esa zona, los árboles **adultos**, con **acceso al agua freática**, presentaron una mayor proporción de **vasos grandes y solitarios** aumentando la **eficiencia de la conducción de agua** en una situación ambiental con menor riesgo de cavitación.

En zonas con **precipitaciones cercanas a los 500 mm anuales** (Chaco árido), este patrón no fue observado ya que la **distribución de los vasos fue similar en todas las edades**, sugiriendo una disponibilidad de agua más homogénea a lo largo del desarrollo de la planta.

Estrategias frente al estrés hídrico- Arbustos



Arquitectura de las raíces de los arbustos *Atriplex lampa* y *Larrea cuneifolia* y el pasto perenne *Pappophorum caespitosum*

Estrategias frente al estrés hídrico- Arbustos



- ✓ Las adaptaciones fisiológicas en los arbustos del Monte incluyen la presencia de especies con mecanismos fotosintéticos C_3 (por ej. *Larrea*) y C_4 (*Atriplex*).



- ✓ *Atriplex lampa* y *Larrea divaricata* desarrollan un sistema radical dimórfico con raíces superficiales que captan agua de lluvia, y una raíz vertical que explora el suelo en profundidad.



- ✓ *Larrea cuneifolia*, en cambio, presenta un sistema radical con raíces que exploran el perfil del suelo desde la superficie y en profundidad en forma continua.

Estrategias frente al estrés hídrico

Atriplex lampa, (arbusto de interés forrajero para la región) presenta varias estrategias: permiten **evadir y tolerar** la sequía, y resistir altas concentraciones salinas. En ensayos con plántulas de *A. lampa* se obtuvo:

- ✓ El potencial agua previo al amanecer disminuyó a valores cercanos a los -6 MPa sin causar la muerte de las plantas, aunque redujo el 30 % de la productividad.
- ✓ La relación vástago-raíz disminuyó al disminuir significativamente el área foliar en los tratamientos con estrés, y la eficiencia en el uso del agua aumentó en respuesta a la sequía.
- ✓ La constante disminución de los valores de potencial osmótico en los tratamientos de estrés hídrico y el mantenimiento de la turgencia sugieren que esta especie realiza **ajuste osmótico**.
- ✓ La capacidad de lograr potenciales agua tan negativos puede ser debida a los altos contenidos proteicos asociados a **osmolitos**.

Estrategias frente al estrés hídrico

- ✓ En *Atriplex lampa*, donde **las sales se acumulan** en la vacuola en forma activa y con gasto energético, presenta mecanismos de blanqueado del follaje por la acción de pelos vesiculares; Cuando la célula colapsa el contenido de la vacuola se vuelca sobre la hoja y por evaporación las sales forman una capa blanca y pulverulenta.
- ✓ Otras adaptaciones observadas en especies del Monte son el **grosor de la cutícula** y la **abundante pubescencia foliar**.
- ✓ La capacidad de **germinar y establecerse** aún bajo condiciones de déficit hídrico está asociada a la capacidad de colonización de ambientes áridos.

Estrategias frente al estrés hídrico

- ✓ Si bien el efecto típico del estrés hídrico es la disminución del crecimiento, esta disminución es proporcionalmente menor en aquellas especies con características más **xeromórficas**.
- ✓ **La disminución de la densidad estomática** aparece como un mecanismo principal en la reducción de la transpiración observado en arbustos de los géneros *Larrea* y *Prosopis*
- ✓ **La presencia de tallos verdes fotosintetizantes**, y una **anatomía del leño** que maximiza la **seguridad del sistema hidráulico** a través de numerosos vasos pequeños y agrupados.
- ✓ *Larrea cuneifolia* **orienta sus hojas** maximizando la capacidad de intercepción de la radiación solar al amanecer y al atardecer cuando el déficit hídrico atmosférico es relativamente bajo, y minimizándola al mediodía.

