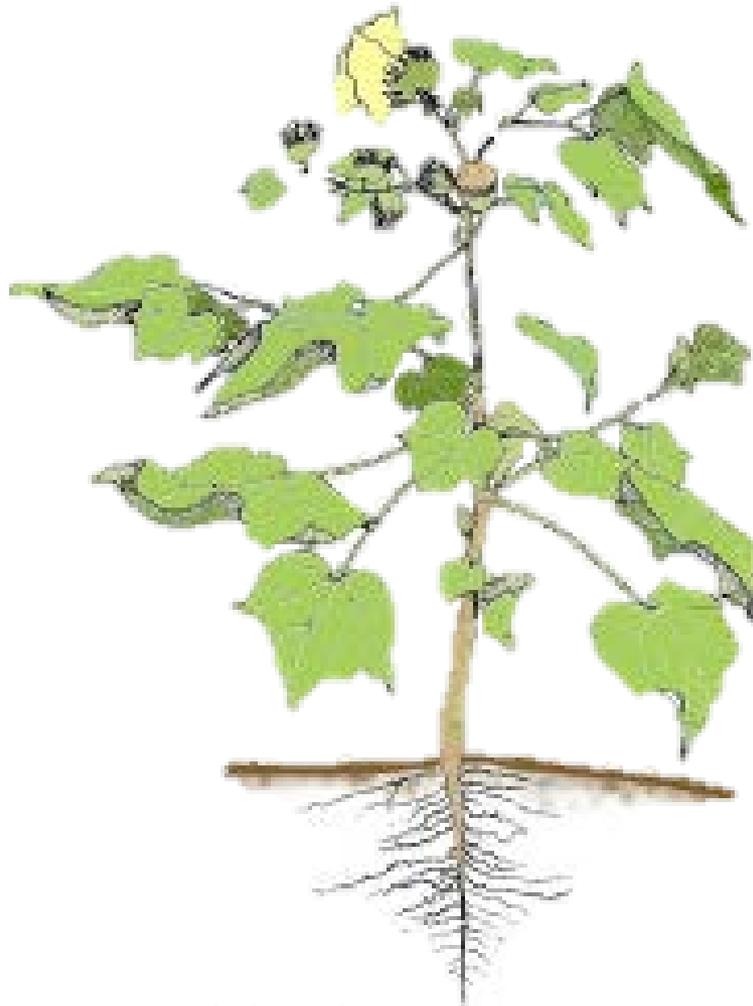


Anatomía 4: Anatomía de la hoja

Subunidad C: Hoja

- Estructura bifacial e isolateral.
- Epidermis
- Mesófilo: parénquima clorofiliano y sistema vascular
- Anatomía de las hojas de gimnospermas, dicotiledóneas, monocotiledóneas y gramíneas (C3 y C4)

Cormo



Vástago
(generalmente aéreo)

tallo

hojas

Raíz (generalmente subterráneo)

Hoja

Órgano generalmente aéreo, especializado en:

- **Fotosíntesis**
- **Transpiración**



Anatomía foliar

Las hojas, igual que el tallo, están compuestas por los tres sistemas de tejidos:

- 1. dérmico:** constituido por la epidermis
- 2. fundamental:** donde el tejido más importante es el parénquima clorofiliano, aunque también se encuentran tejidos de sostén: colénquima y esclerénquima
- 3. vascular:** integrado por el xilema y el floema.

Anatomía foliar

- En anatomía de la hoja generalmente nos referimos a la **lámina en corte transversal (CT)** a nivel de la **vena media**, tomando parte de los **semi-limbos o alas**
- En CT encontramos los siguientes tejidos:
 - la **epidermis adaxial** en la cara adaxial, haz o epifilo
 - el **mesófilo** formado por parénquima llevando los haces o cordones vasculares
 - la **epidermis abaxial** en la cara abaxial, envés o hipófilo

Sección de la hoja de *Syringa vulgaris* "lila"

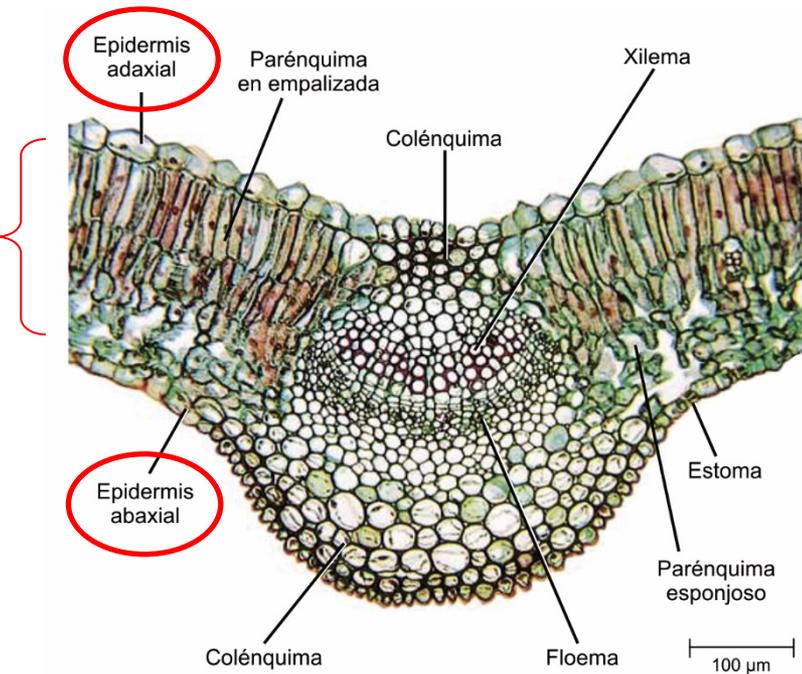


Imagen modificada de Evert & Eichorn 2013

Anatomía foliar: epidermis foliar

La epidermis en CT (tanto en la cara adaxial como abaxial) presenta:

- **células más o menos rectangulares**, a veces, globosas con la cara externa convexa formando una epidermis papilosa.
- **células vivas sin cloroplastos** (incoloras)
- la **pared externa** generalmente está **engrosada**,
- **impregnación con cutina** (cutinización) y cubierta por una **capa de cutina que forma la cutícula** (cuticularización)
- una sola capa de células (**unistrata**), como es en la mayoría de la hojas, o por un número variable de capas celulares (**pluristrata**)
- En algunos casos, el acompañamiento de una hipodermis uni o pluristrata (pino)

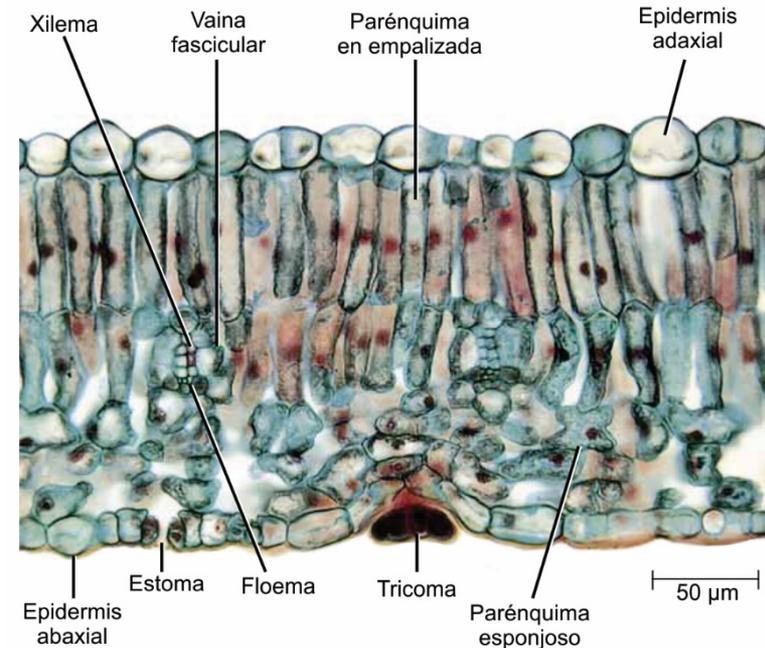
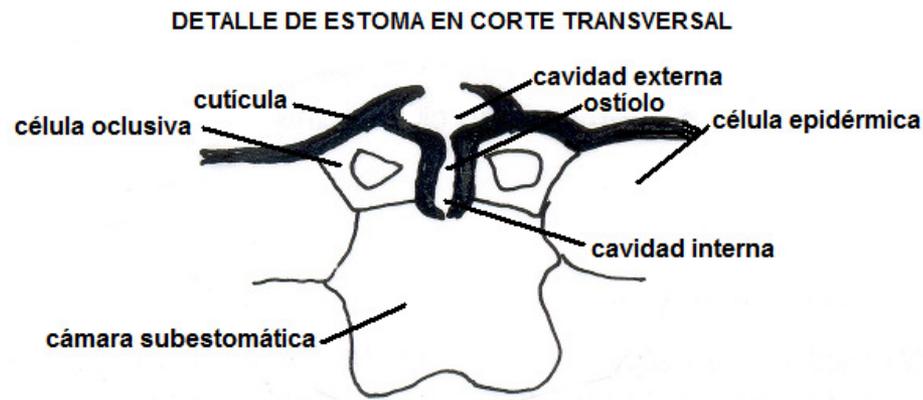
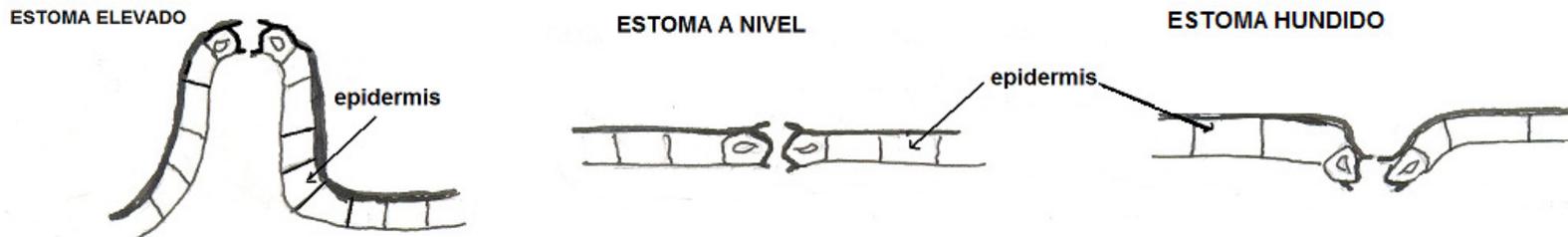


Imagen modificada de Evert & Eichorn 2013

Anatomía foliar: epidermis foliar

ESTOMAS

- estructuras permiten el intercambio gaseoso entre la planta y el medio ambiente.
- En CT, pueden ubicarse respecto a la epidermis: **elevados, a nivel o hundidos**



Anatomía foliar: epidermis foliar

ESTOMAS

Los **estomas hundidos** en depresiones o cavidades de la **cara abaxial** son muy comunes en **plantas xerófitas**

CT de la hoja de *Nerium oleander* "laurel rosa"

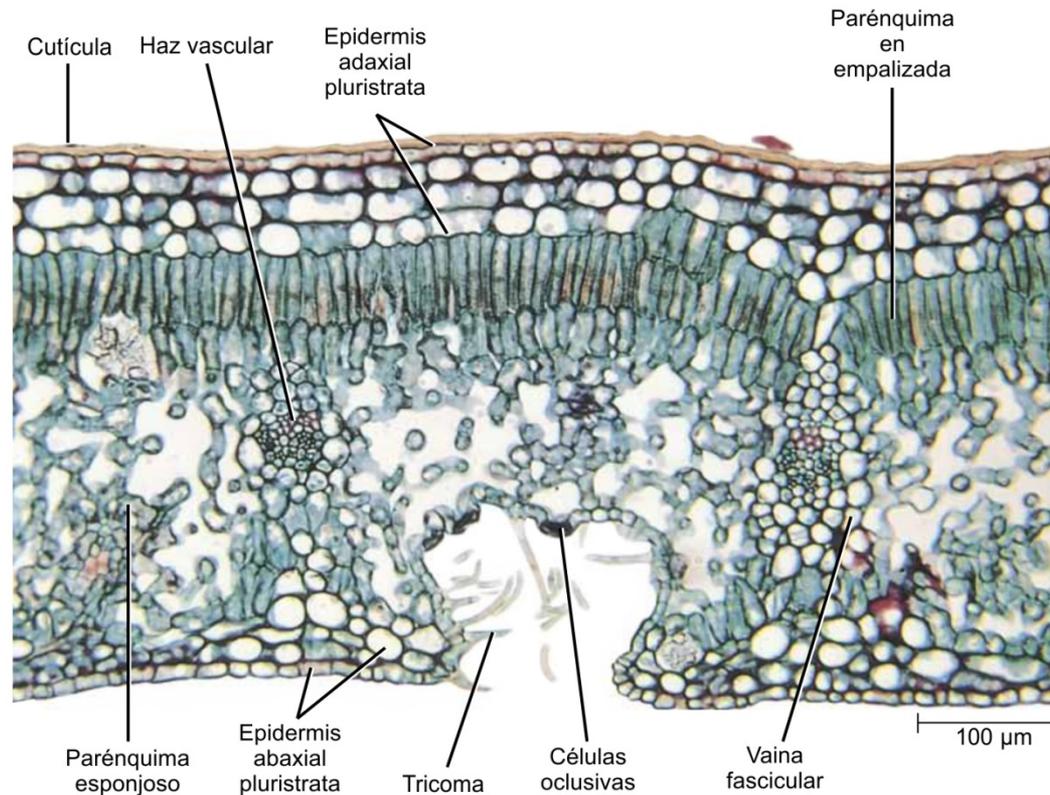


Imagen modificada de Evert & Eichorn 2013

Anatomía foliar: epidermis foliar

CLASIFICACIÓN DE LAS HOJAS POR LA DISTRIBUCIÓN DE LOS ESTOMAS:

- **HOJA ANFISTOMÁTICA:** posee estomas en **ambas epidermis**.
- **HOJA EPISTOMÁTICA:** posee estomas en la **epidermis adaxial** o superior.
- **HOJA HIPOSTOMÁTICA:** posee estomas solamente en la **cara abaxial**, del envés o inferior.

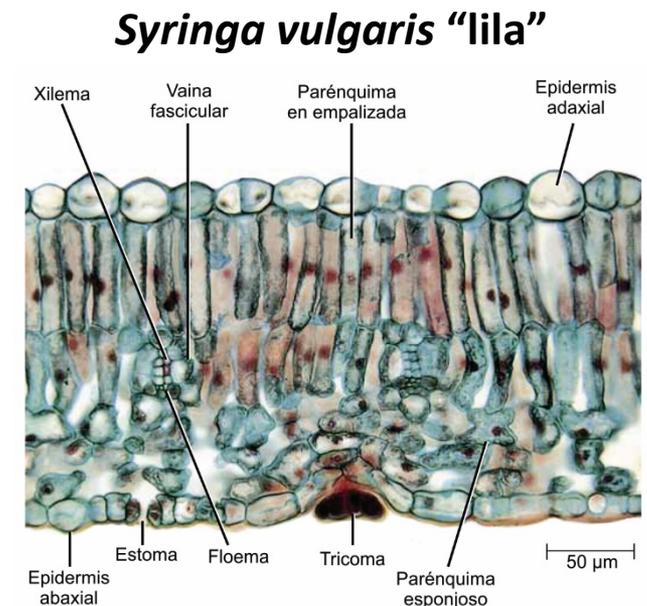
Anatomía foliar: mesófilo

El mesófilo (sistema fundamental) puede ser:

- dorsiventral,
- isolateral e
- indiferenciado

1. Dorsiventral:

- con **parénquima en empalizada** formado por células alargadas y **parénquima esponjoso** (células irregulares que dejan amplios espacios intercelulares)

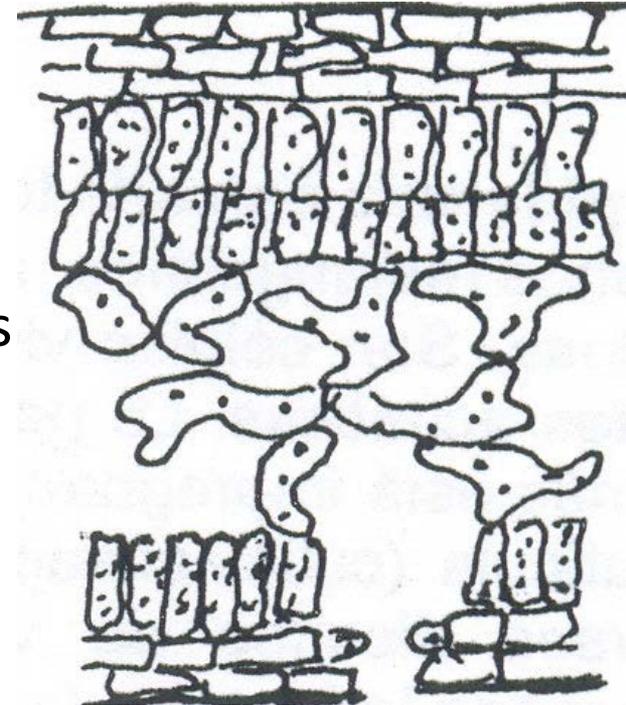
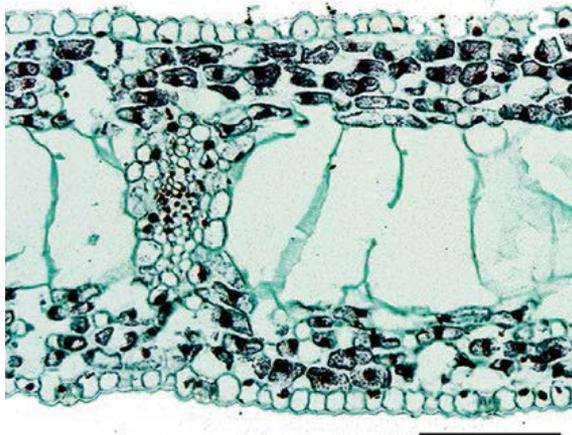


Anatomía foliar: mesófilo

2. Isolateral:

2.1. Capas de

- **parénquima en empalizada** (células alargadas dispuestas en empalizada)
- **parénquima esponjoso** (células irregulares que dejan amplios espacios intercelulares)
- **parénquima en empalizada** (células alargadas dispuestas en empalizada)



Esquema de la Guía del Curso de Morfología Vegetal 2015 –FCAyF, UNLP

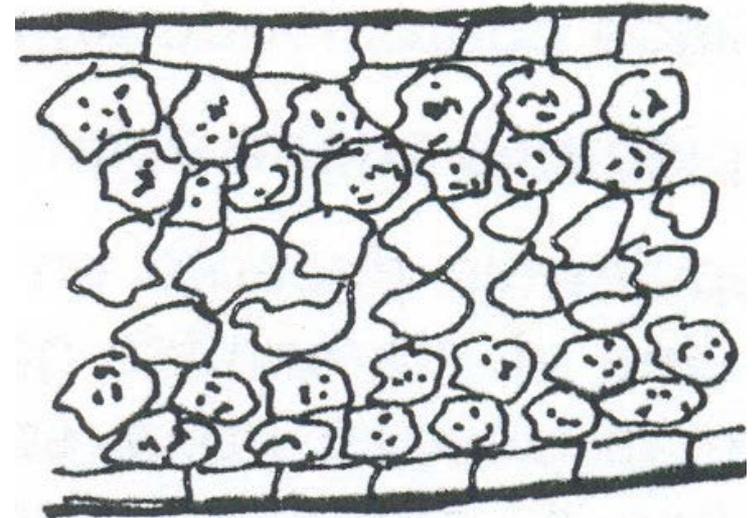
Hoja con mesófilo isolateral en amarillis (*Amaryllis belladonna*) (imagen de Crang et al 2018)

Anatomía foliar: mesófilo

2. Isolateral:

2.2. Capas de

- **parénquima homogéneo clorofiliano** (células más o menos isodiamétricas con abundantes cloroplastos)
- **parénquima homogéneo incoloro** (células más o menos isodiamétricas con cloroplastos escasos o ausentes)
- **parénquima homogéneo clorofiliano** (células más o menos isodiamétricas con abundantes cloroplastos)



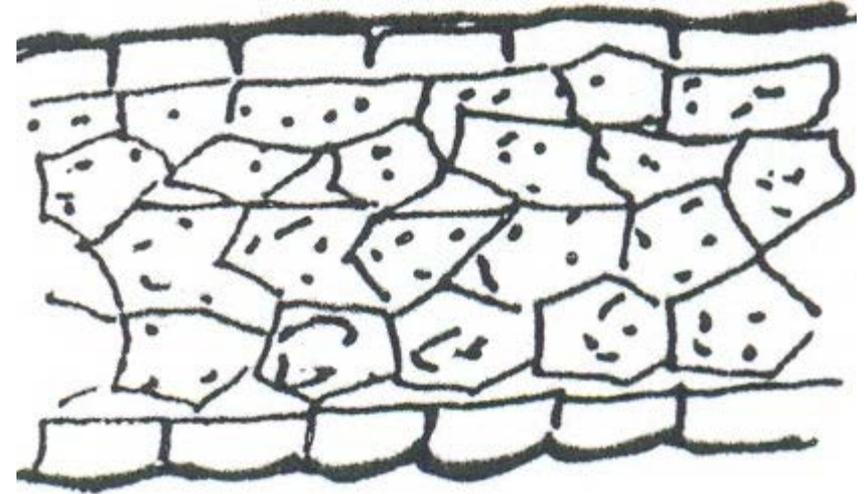
Esquema de la Guía del Curso de Morfología Vegetal 2015 –FCAyF, UNLP

Anatomía foliar: mesófilo

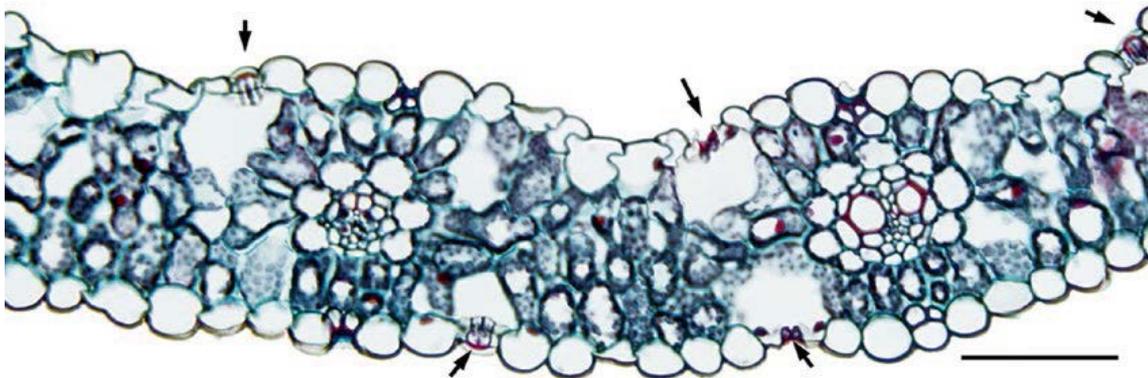
3. Indiferenciado:

Una sola capa de

- parénquima homogéneo clorofiliano



Esquema de la Guía del Curso de Morfología Vegetal 2015 - FCAyF, UNLP



Hoja con mesófilo homogéneo en trigo (*Triticum aestivum*) (imagen de Crang et al 2018)

Anatomía foliar: mesófilo

Dentro del parénquima del mesófilo se puede formar tejido secretor interno, ya sean células secretoras, cavidades o conductos lisígenos o esquizógenos.

- **Cavidades lisígenas** se forman por destrucción de células, por ejemplo en el mesófilo de la hoja de naranjo, conteniendo aceites esenciales.
- **Cavidades o conductos esquizógenos** se forman por división y separación de células. Por ejemplo, los conductos resiníferos de la hoja de pino.

Anatomía foliar: estructura

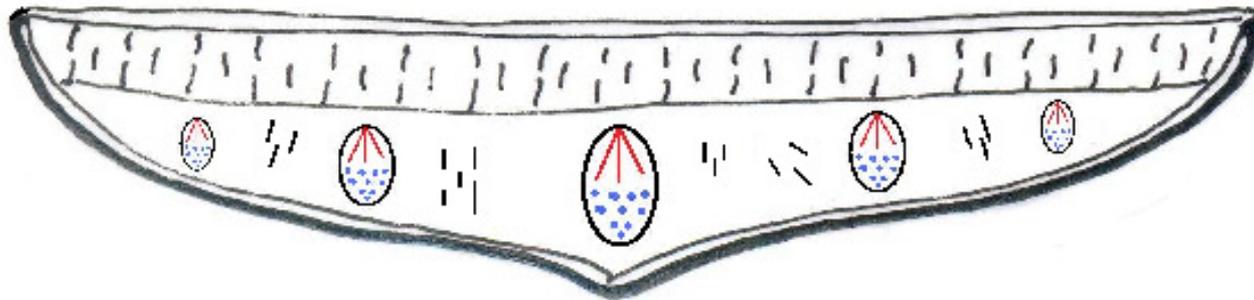
En función de la cantidad de epidermis y el tipo de mesófilo, se reconocen 3 estructuras:

- **Bifacial**
- **Equifacial**
- **Unifacial**

Anatomía foliar: estructura

Estructura bifacial:

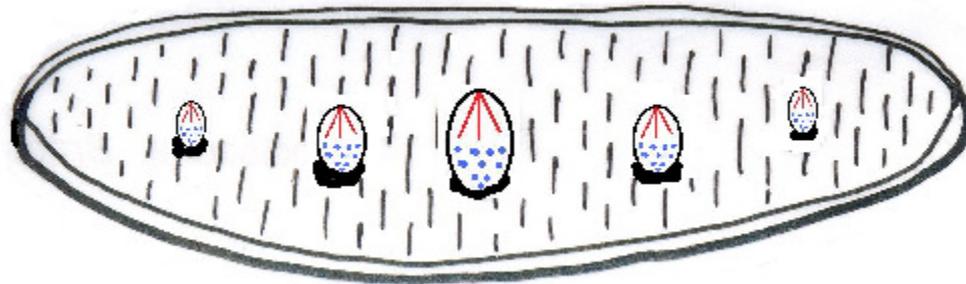
- hay **dos epidermis**.
- el **mesófilo** está diferenciado (**dorsiventral**), por lo tanto, las caras son distintas.
- Los haces vasculares se disponen con el xilema hacia la cara adaxial y el floema hacia la cara abaxial.
- Frecuente en la clase Dicotiledóneas.



Anatomía foliar: estructura

Estructura equifacial (o isobilateral):

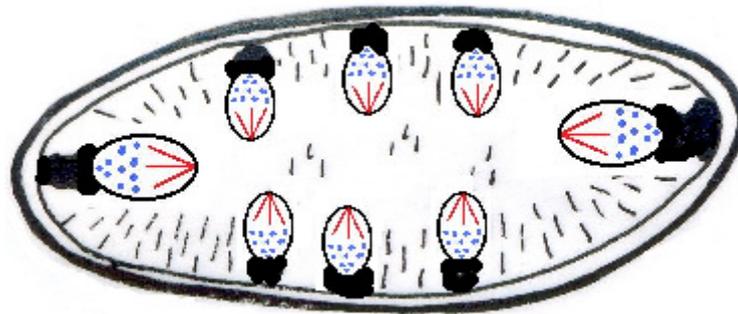
- hay **dos epidermis distintas**,
- el **mesófilo es isolateral o indiferenciado**, por lo tanto, las caras son iguales.
- los haces vasculares se disponen con el xilema hacia la cara adaxial y el floema hacia la cara abaxial.
- Ejemplo: Gramíneas y Pino.



Anatomía foliar: estructura

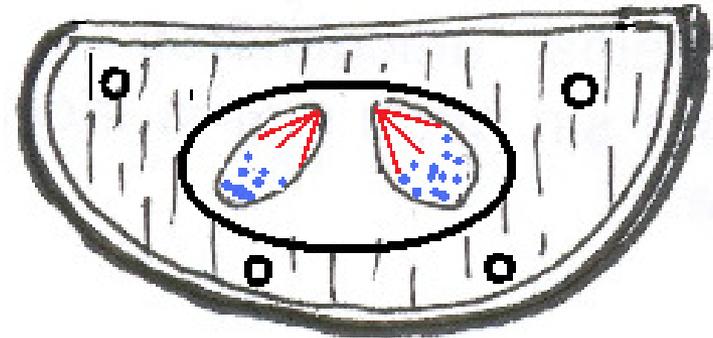
Estructura unifacial:

- hay **una sola epidermis**,
- el **mesófilo** es **isolateral**, por lo tanto, las caras son iguales.
- Los haces vasculares se ubican sobre ambos lados con el xilema interno y el floema externo.
- Ejemplo: el lirio (*Iris* sp.), donde la hoja sufre una fuerte compresión lateral.



Anatomía foliar: hoja de las gimnospermas

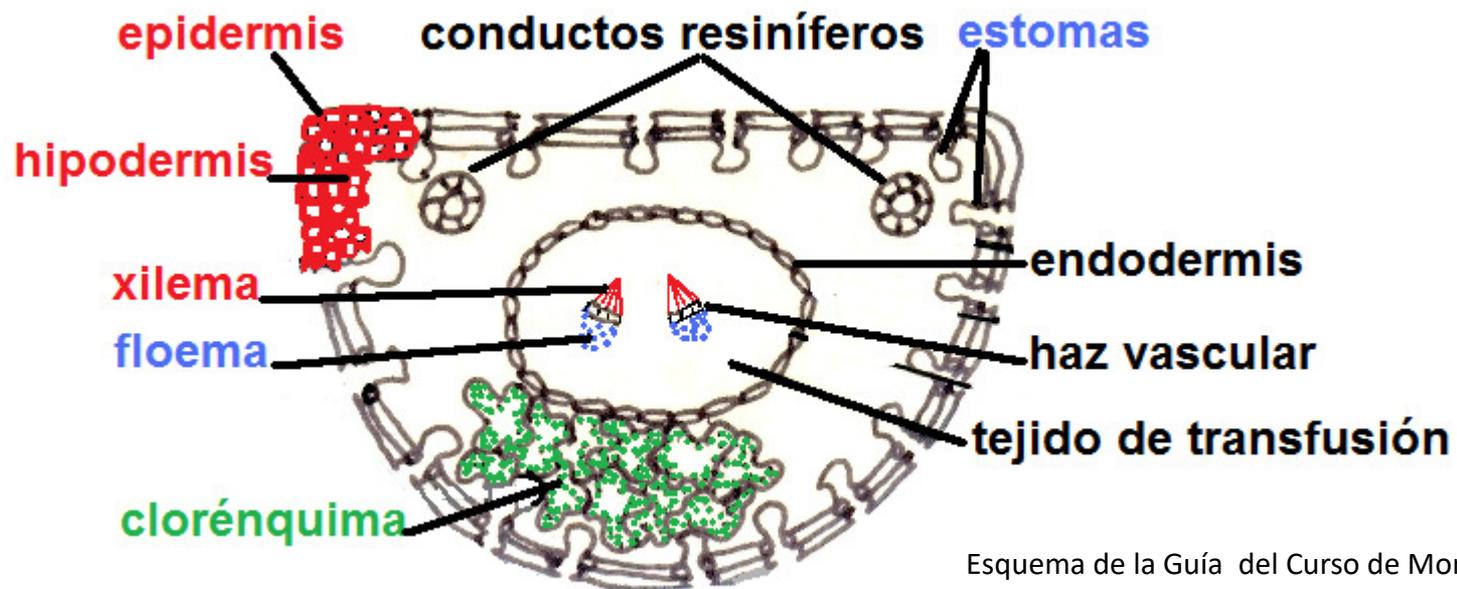
- Hoja acicular.
- Estructura equifacial.
- Mesófilo indiferenciado.
- Adaptaciones al ambiente:
 1. existencia de paredes gruesas y lignificadas en las células de la epidermis unistrata y la hipodermis pluristrata;
 2. estomas hundidos con las células oclusivas a nivel de la hipodermis.
- epidermis con pliegues o invaginaciones aumenta la superficie donde se ubican los cloroplastos y por lo tanto, aumentan la superficie fotosintética



Esquema de la Guía del Curso de Morfología Vegetal 2015 –FCAyF, UNLP

Anatomía foliar: hoja de las gimnospermas

- Los haces vasculares son **colaterales abiertos**, con el xilema adaxial y el floema abaxial, están rodeados el **tejido de transfusión** que a su vez, está limitado por una capa de células con banda de Caspary y por eso llamada **endodermis**.
- En la epidermis vista en superficie, los estomas se disponen de manera ordenada a veces en varias líneas agrupadas formando las bandas estomáticas teniendo valor taxonómico (por ej. *Abies*)

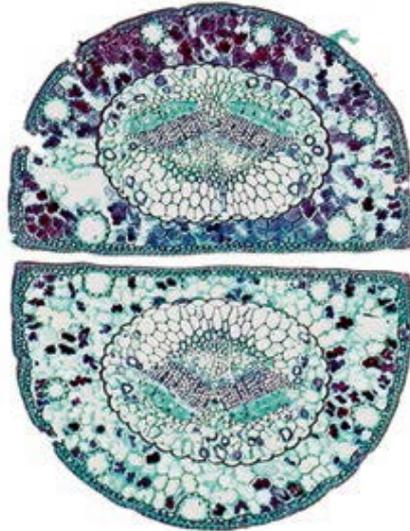


Anatomía foliar: hoja de las gimnospermas

Hoja de *Pinus monophylla*



Fascículo de 2 hojas aciculares de *Pinus nigra*



Fascículo de 5 hojas aciculares de *Pinus strobus*

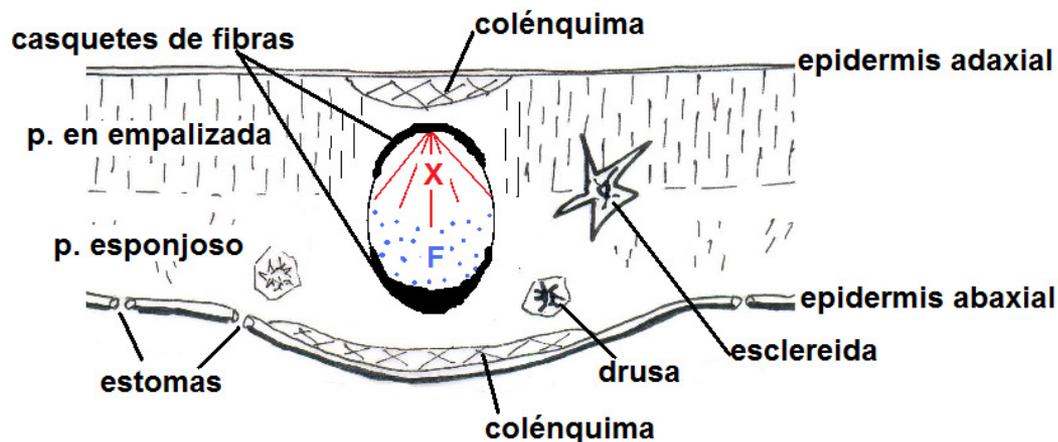


Hoja linear de *Abies* sp.



Anatomía foliar: hoja de las dicotiledóneas

- variaciones tanto en su tipo, forma y estructura.
- predomina: lámina plana, con **estructura bifacial** y con **mesófilo dorsiventral**.
- En general hay una epidermis adaxial, el mesófilo está diferenciado en **parénquima en empalizada hacia la cara donde incide el sol (adaxial)** y **parénquima esponjoso hacia la cara sombreada (abaxial)**.
- Las venas tienen los haces vasculares con el xilema hacia la cara adaxial y el floema hacia la cara abaxial y en la vena media en posición subepidérmica y presencia de colénquima en ambas caras.
- Presencia de idioblastos en el parénquima del mesófilo (esclereidas y células cristalíferas con drusas) en camelia y té:



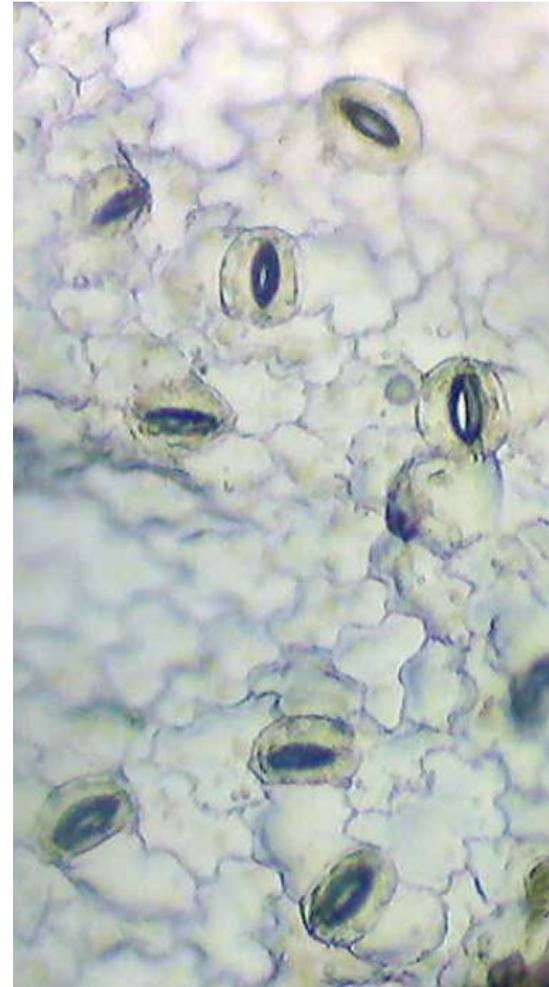
Esquema de la Guía del Curso de Morfología Vegetal 2015 –FCAyF, UNLP

Anatomía foliar: hoja de las dicotiledóneas

Recordemos: La epidermis de las Dicotiledóneas vista en superficie (VS) tiene como características:

1. células epidérmicas más o menos isodiamétricas, poligonales, con paredes rectas, curvadas o sinuosas;
2. células epidérmicas dispuestas de manera desordenada;
3. los estomas se distribuyen de manera desordenada

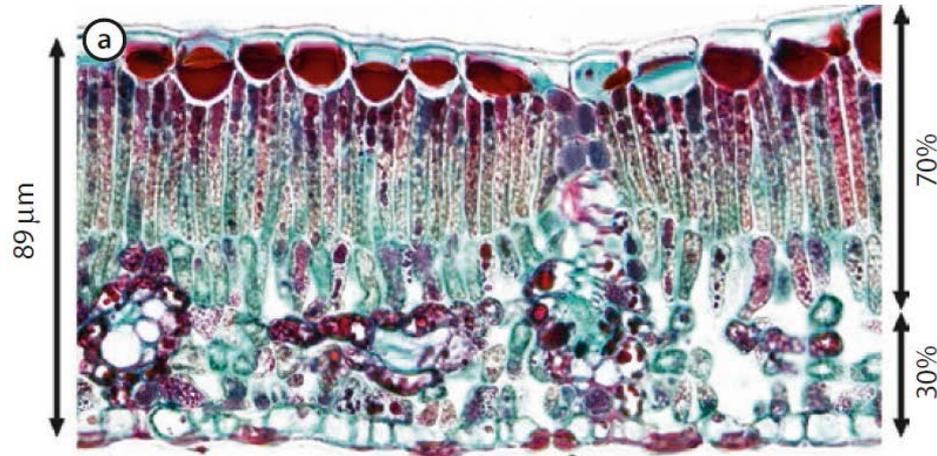
Epidermis de *Pelargonium* sp.
obtenida en el TP correspondiente



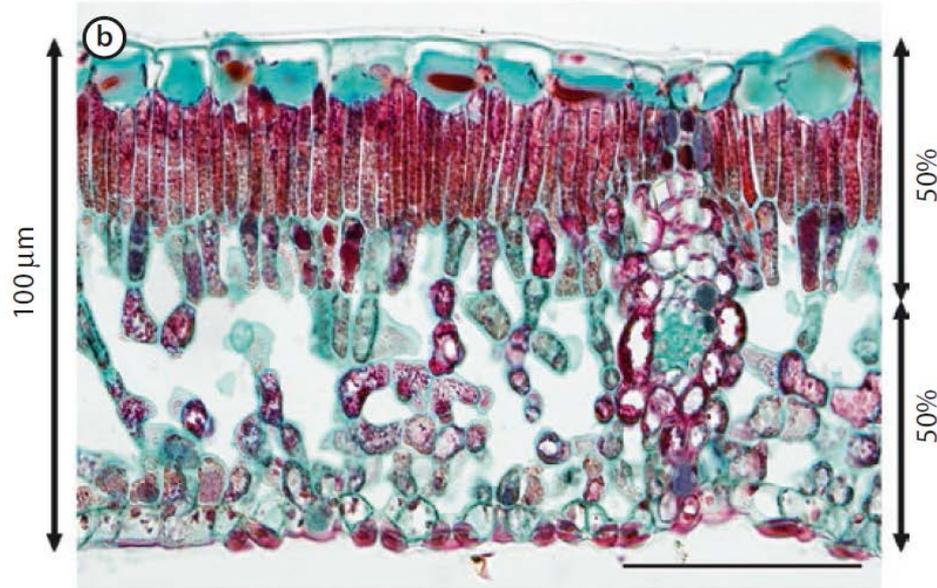
Anatomía foliar: hoja de las dicotiledóneas

El ambiente de luz durante el desarrollo puede modificar la anatomía de la hoja:
Ejemplo en roble (*Quercus* sp.)

Hoja de sombra



Hojas de sol



Las imágenes están etiquetadas para indicar el grosor de las hojas, el mesófilo en empalizada y el mesófilo esponjoso

Anatomía foliar: hoja de las monocotiledóneas

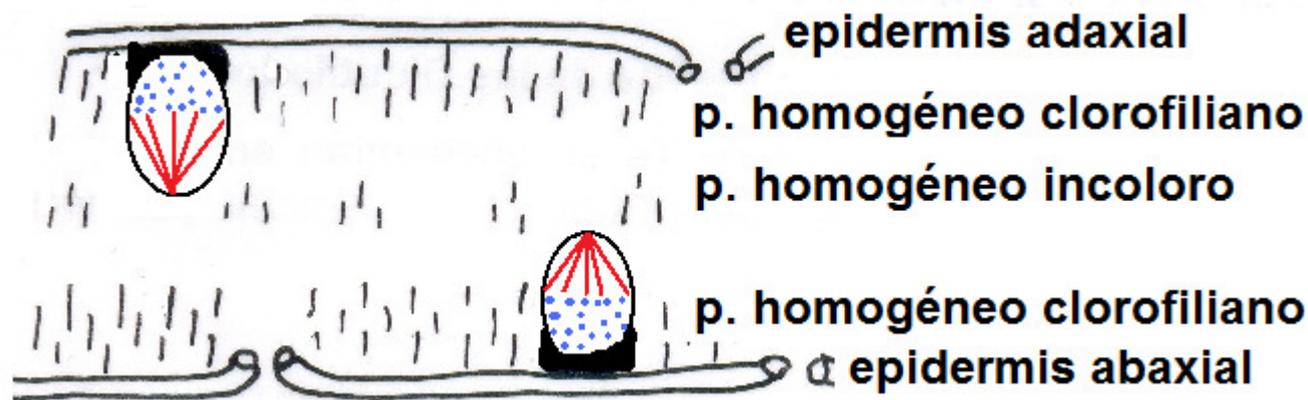
En clase Monocotiledóneas predomina:

- hoja simple,
- lámina plana,
- estructura equifacial o unifacial
- mesofilo isolateral o indiferenciado.
- el sistema vascular está formado por venas paralelas que convergen en el ápice, ligadas entre sí por finas venas comisurales transversales (a nivel microscópico el sistema es también reticulado).
- Cada hacesillo está rodeado por una vaina
- Grandes cantidades de esclerenquima: fibras asociadas con los haces vasculares o como cordones independientes en el mesófilo.

Anatomía foliar: hoja de las monocotiledóneas

Ejemplo: Hoja de *Iris* sp. "lirio" de la clase monocotiledóneas

- Es una hoja plana unifacial.
- Esta hoja deriva de una hoja cilíndrica donde se ha perdido totalmente una epidermis, por lo tanto tiene una sola cara.
- El mesófilo es isolateral.
- Los haces vasculares están enfrentados, con el xilema interno. En posición subepidérmica y junto a las venas hay fibras del esclerénquima.

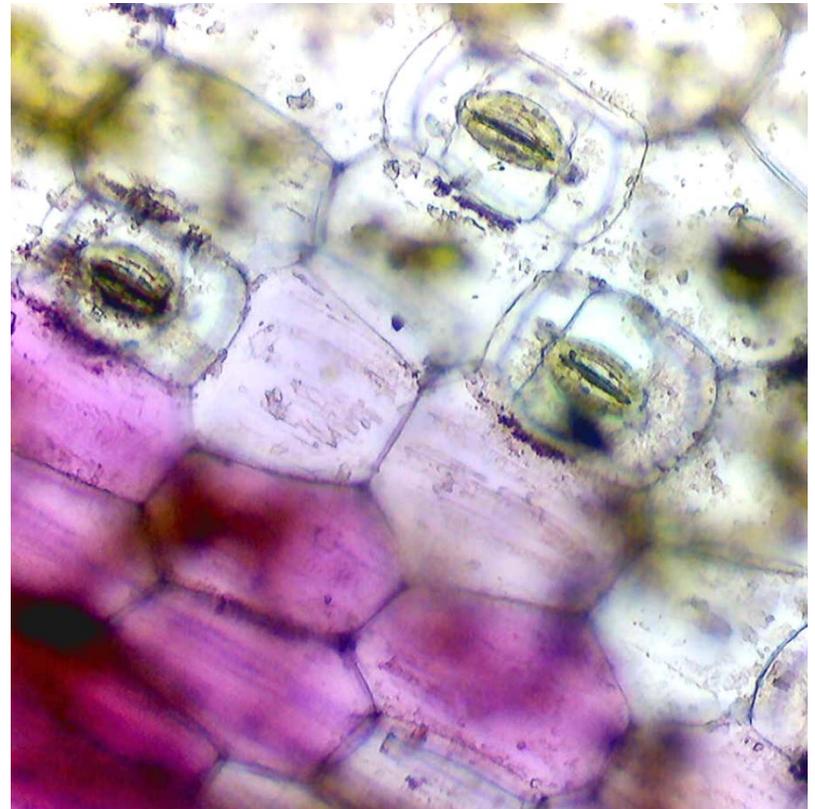


Anatomía foliar: hoja de las monocotiledóneas

Recordemos: epidermis de las Monocotiledóneas vista en superficie (VS):

1. células epidérmicas más o menos alargadas, poligonales o rectangulares;
 2. células epidérmicas dispuestas de manera ordenada;
 3. los estomas se distribuyen de manera ordenada.
- Los estomas de las Monocotiledóneas son iguales a los de Dicotiledóneas, salvo algunas excepciones como las familias Cyperaceas y Gramíneas

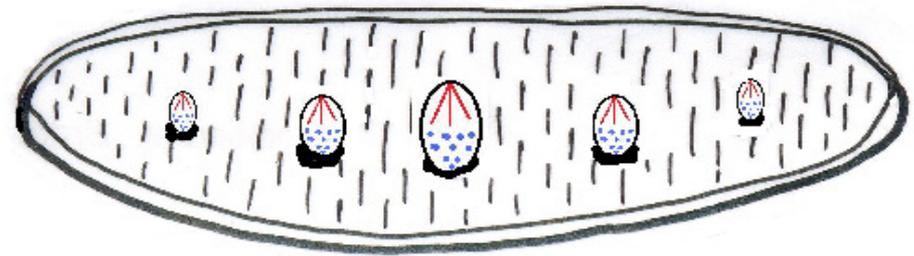
Epidermis de tradescancia. obtenida en el TP correspondiente



Anatomía foliar: hoja de las gramíneas

MONOCOTILEDÓNEAS – POACEAS (Gramíneas)

- hoja plana
- estructura equifacial
- mesófilo indiferenciado
- los haces vasculares tienen el xilema adaxial.
- en posición sub-epidérmica y junto a las venas hay fibras del esclerénquima.



Esquema de la Guía del Curso de
Morfología Vegetal 2015 –FCAYF,
UNLP

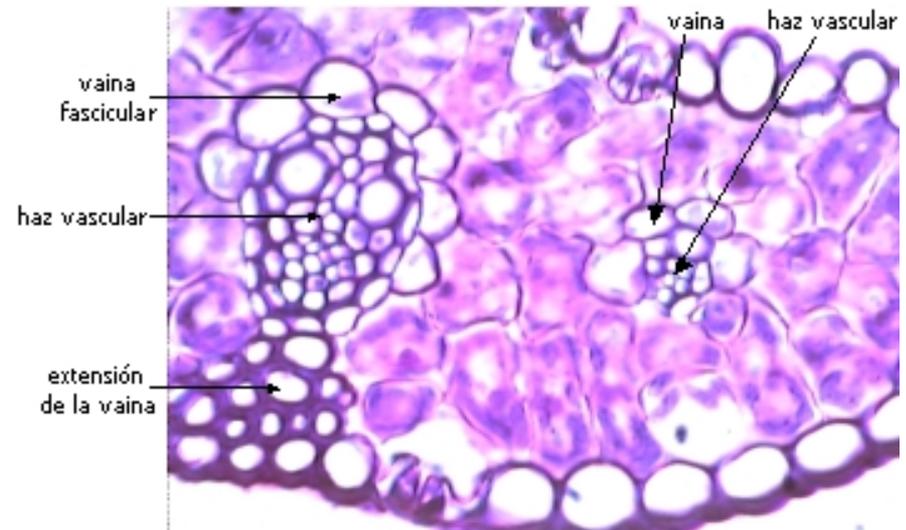


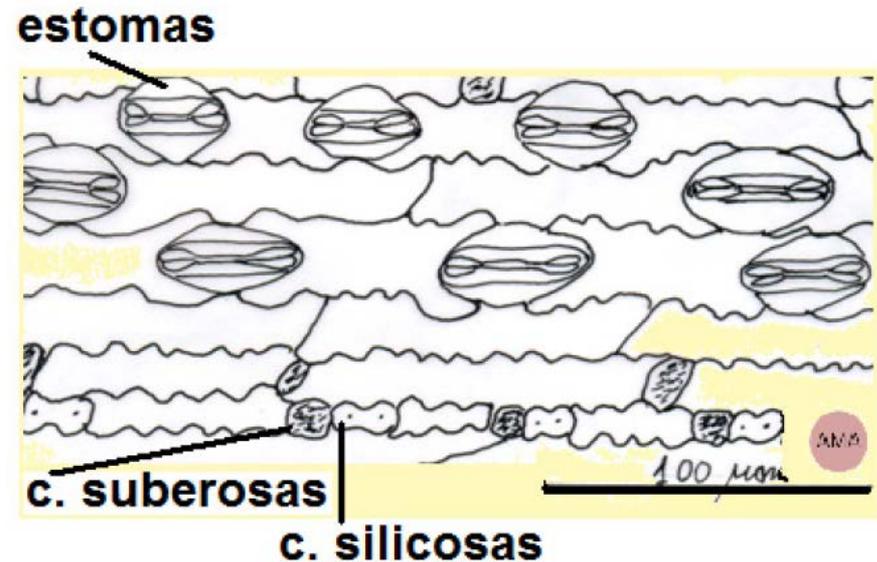
Imagen de biologia.edu.ar/botanica

Anatomía foliar: hoja de las gramíneas

Recordemos la epidermis de la hoja de las gramíneas.

presenta varios tipos de células:

- las epidérmicas propiamente dichas: rectangulares con el borde ondulado.
- las suberosas: cortas impregnadas con suberina
- las silicosas: cortas con sílice (puntos brillantes)
- las buliformes: no siempre visibles. con pared delgada, se observan cuadrangulares o pentagonales en superficie y tienen forma de gota en corte transversal (función: es arrollar y desenrollar la hoja con los cambios de turgencia)
- Estomas tipo gramínea



Esquema de la Guía del Curso de Morfología Vegetal 2015 –FCAYF, UNLP

Anatomía foliar: hoja de las gramíneas

- hay características foliares de importancia fisiológica y sistemática.
- Las diferencias están dadas a nivel de la epidermis, mesófilo y haces vasculares.
- Las formas extremas son las denominadas Festucoide o plantas C3 y Panicoide o plantas C4 con estructura kranz

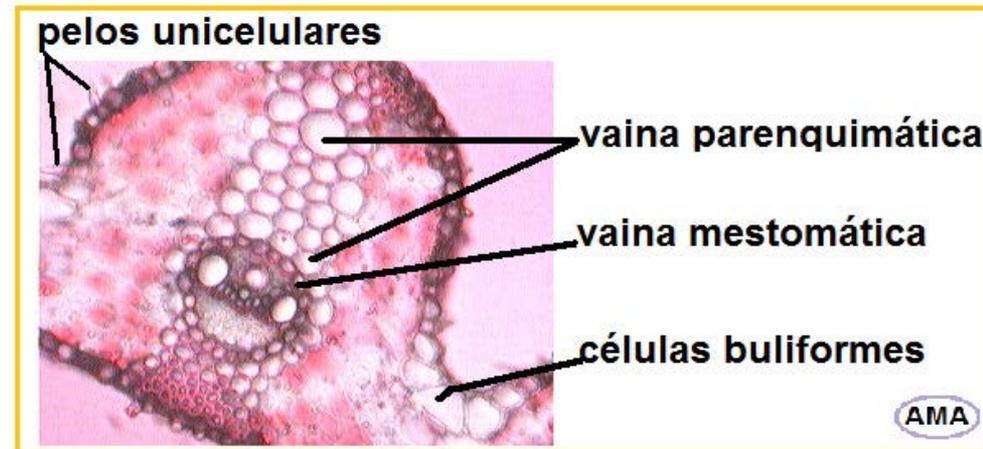
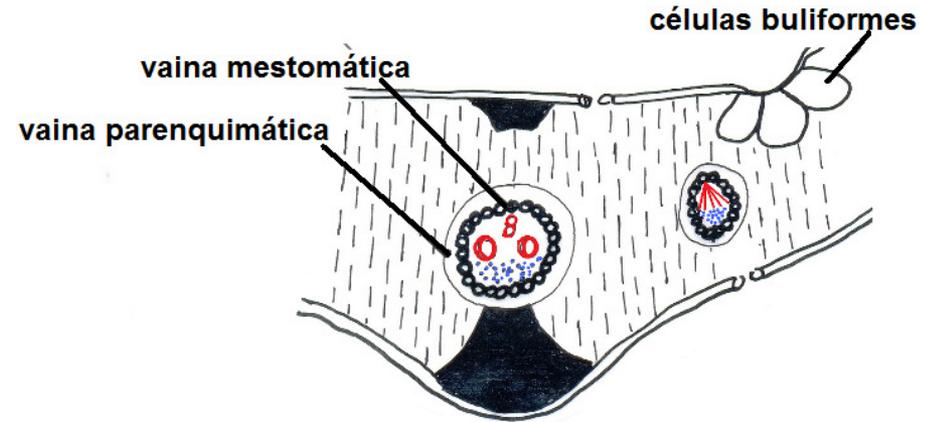
Anatomía foliar: hoja de las gramíneas C₃

GRAMÍNEAS

Hoja Festucoide o plantas

C₃:

- epidermis con pelos unicelulares y células silicosas alargadas o redondeadas.
- Mesófilo con clorénquima sin parénquima incoloro
- haz con dos vainas: vaina mestomática y vaina parenquimática.



Anatomía foliar: hoja de las gramíneas C3

Características de las plantas C₃ (ciclo de Calvin-Benson):

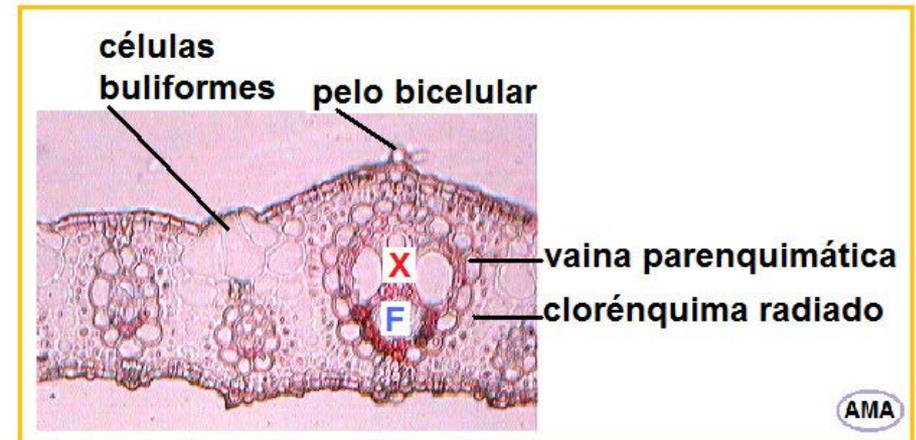
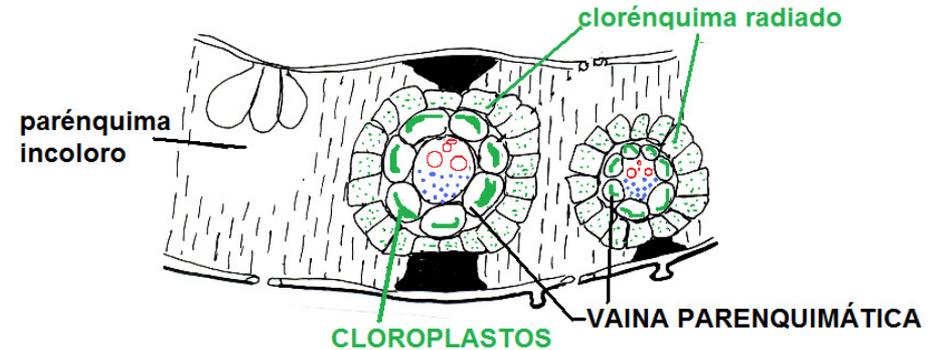
- Primer producto de la fotosíntesis es un compuesto de 3 átomos de C.
- son de ambientes mesofíticos, ocupan con frecuencia hábitats sombreados, fríos o muy húmedos, donde la eficiencia del proceso fotosintético aumenta al disminuir la temperatura.
- Ejemplo: la mayoría de las dicotiledóneas, entre ellas muchas de interés económico (soja, algodón, mandioca, tabaco) tienen este ciclo fotosintético. Entre las Monocotiledóneas varias gramíneas son C₃ (Ej. *Poa* sp.)

Anatomía foliar: hoja de las gramíneas C4

GRAMÍNEAS

Hoja Panicoide o plantas C₄:

- epidermis con pelos bicelulares
- células silicosas en forma de halterio (pesa o mancuerna), silla de montar o cruz
- clorénquima con parénquima incoloro
- haz con una vaina parenquimática con cloroplastos mayores a los del clorénquima y las células del **clorénquima próximo al haz dispuestas de manera radiada respecto al mismo** (estructura *kranz*).

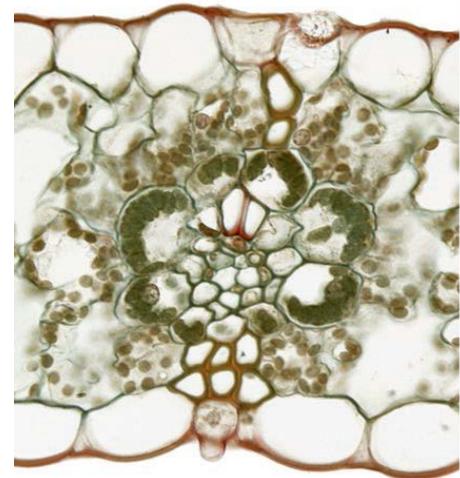


Anatomía foliar: hoja de las gramíneas C4

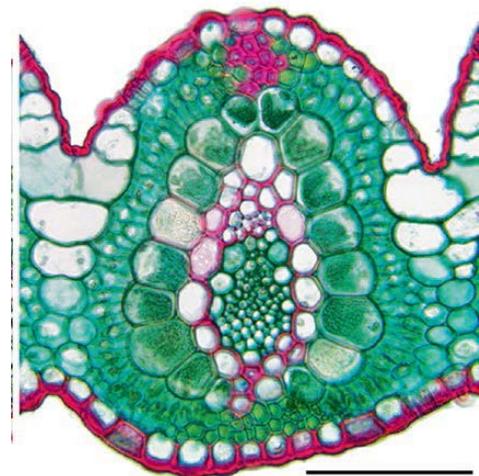
Características de las plantas C₄ (ciclo de Hatch-Slack):

- el primer producto de la fotosíntesis es tetracarbonado.
- Ocupan hábitats soleados, calientes y áridos y tienen tasa fotosintética mayor que las plantas C₃.
- Las plantas C₄ tienen el clorénquima foliar dispuesto radialmente alrededor de los haces vasculares: el conjunto de caracteres anatómicos y fisiológicos que poseen se designa como "estructura kranz" (Haberlandt)
- La presencia de esta anatomía aumenta el reciclado interno del CO₂, lo que resulta en la reducción en la sensibilidad a la fotoinhibición.

Hoja de maíz (*Zea mays*)



Hoja de grama (*Bouteloua breviseta*) con doble vaina



Anatomía 4: Anatomía de la hoja

Subunidad C: Hoja

- Estructura bifacial e isolateral.
- Epidermis
- Mesófilo: parénquima clorofiliano y sistema vascular
- Anatomía de las hojas de gimnospermas, dicotiledóneas, monocotiledóneas y gramíneas (C3 y C4)