

POR EL BORDE

1	Aserado		
2	Sinuado		
3	Dentado		
4	Entero		
5	Doblemente Aserrado		
6	Lobado		
7	Espinoso		
8	Ondulado		

ESTRUCTURA DE LAS HOJAS

Desde el punto de vista funcional, la estructura de la hoja resulta de la necesidad de adaptarse a la realización de dos funciones que son, en cierto modo, contradictorias: realizar la fotosíntesis supone permitir el intercambio de gases a través de la superficie de la hoja, pero la posibilidad de que dicho intercambio se produzca supone que la planta pierda agua a través de la misma superficie permeable.

La proporción entre entrada de gases y pérdida de agua es terriblemente negativa para la planta: por cada molécula de CO₂ que entra en la planta, se pierden aproximadamente 300 molé

culas de agua. Por lo tanto, la evolución de la estructura foliar ha ocurrido para adaptarse a la realización óptima de los dos procesos: la maximización del intercambio gaseoso y la minimización de la pérdida de agua.

Desde el punto de vista morfológico-estructural, la primera adaptación a estas funciones que se observa en la hoja es una estructura asimétrica: en una hoja se distinguen dos caras diferentes: el haz, que es la que normalmente se orienta hacia la luz, y el envés. Las dos capas están cubiertas por una cutícula impermeable, que es una capa acelular constituida básicamente por ceras. La cutícula deja sin cubrir unas estructuras especializadas en el intercambio de gases, los estomas. En la mayoría de los casos, las hojas son hipoestomáticas o sea, los estomas se encuentran solo en el envés de las hojas. Pero también hay especies con hojas epiestomáticas, por ejemplo en *Nimphaea* o anfiestomáticas como en *Dianthus* (clavel).

Bajo la cutícula se encuentra una epidermis, que forma una capa simple aunque en algunos casos puede ser pluriestratificada como en especies de *Peperomia* que puede llegar a ser más gruesa que el mesófilo. Los estomas son diferenciaciones de esta capa celular especializados en el intercambio gaseoso.

El resto de la hoja se denomina mesófilo, y está constituido por tejido parenquimático. En la zona de la hoja más próxima al haz ese parénquima está formado por células cilíndricas, estrechamente unidas entre sí, y dispuestas de modo que su eje mayor es perpendicular a la superficie de la hoja. En el interior de sus células hay una considerable cantidad de cloroplastos, de modo que este tejido es el principal encargado de realizar la fotosíntesis.

Por debajo del parénquima en empalizada, en contacto con la epidermis del envés, se encuentra otro tejido diferente, el parénquima lagunar. En este caso, las células son más poliédricas y dejan entre sí espacios que son ocupados por aire, ya que se continúan con las cámaras estomáticas. La función principal del parénquima lagunar es facilitar el intercambio de gases, imprescindible para la fotosíntesis.

1- Epidermis

2- Haz

3- Estoma

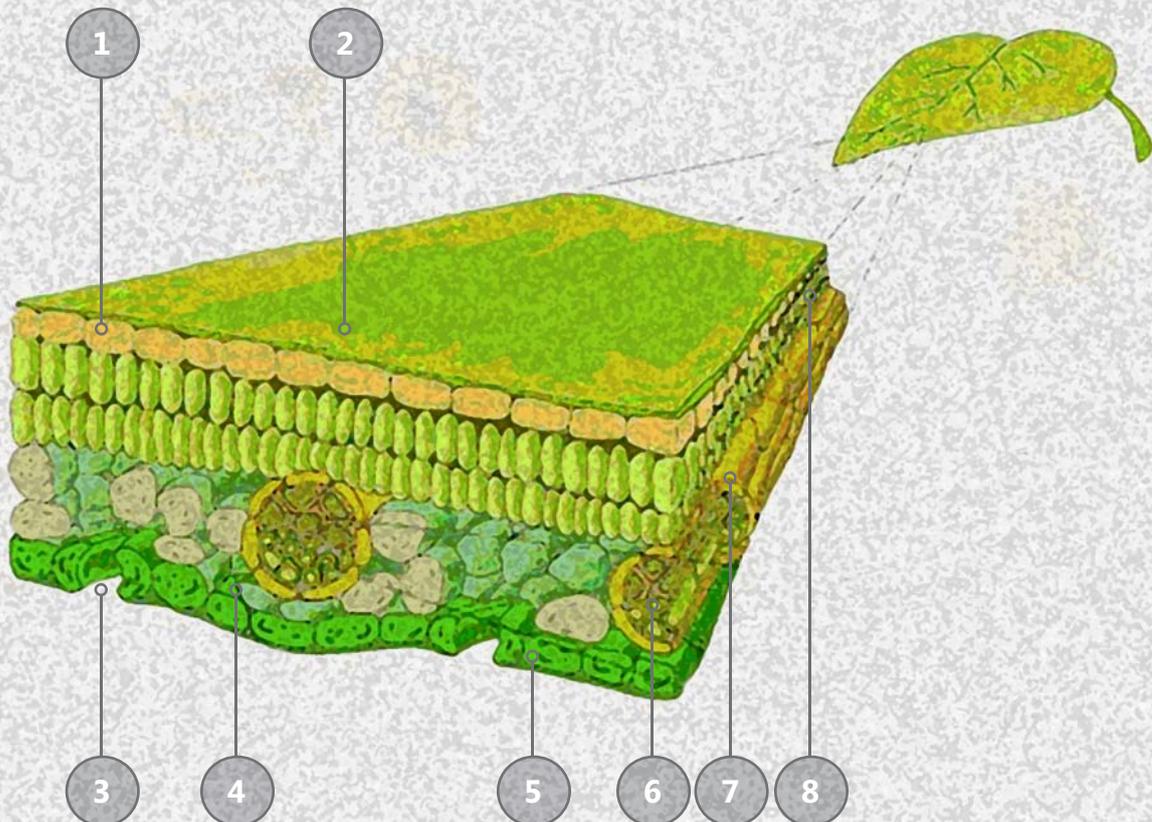
4- Parénquima Lagunar

5- Envés

6- Floema

7- Xilema

8- Parénquima en Empalizada





Las hojas tienen redes de venas muy variadas. Poseen formas distintas, tamaños diferentes y espesores diversos.

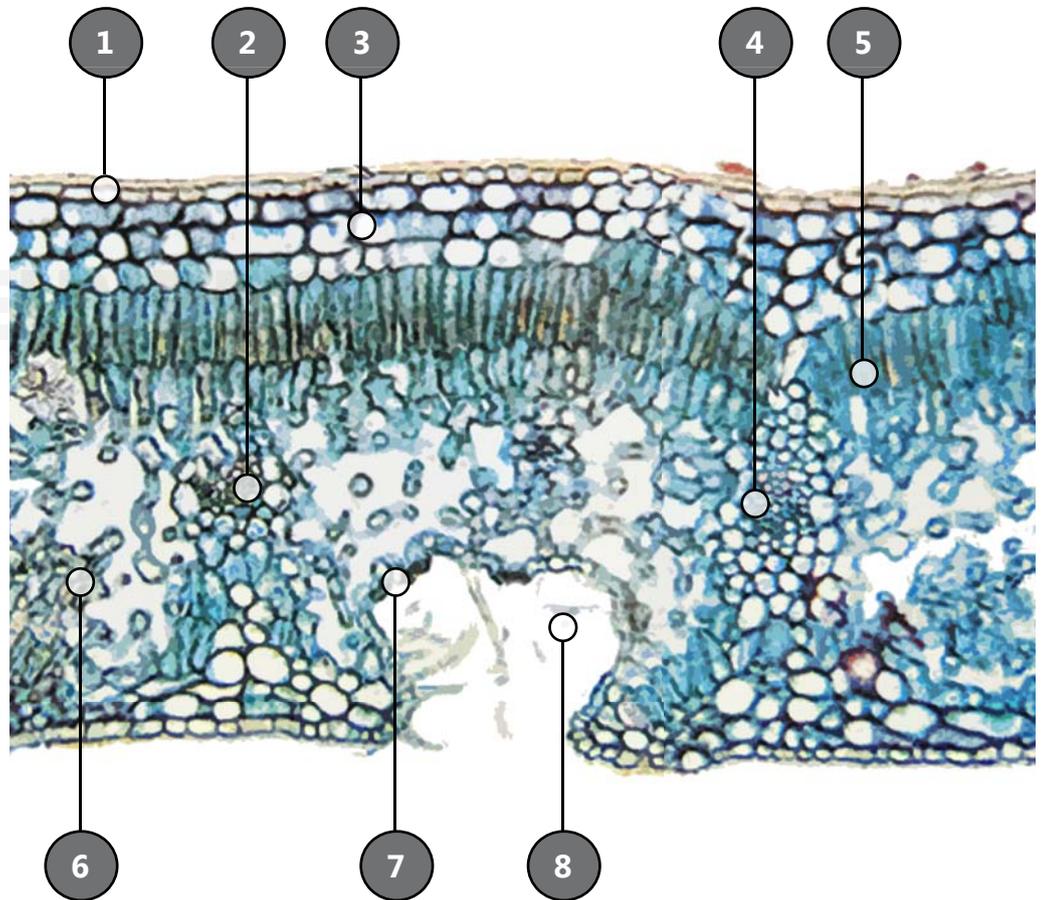
El sistema vascular está formado por todas las venas que discurren en el limbo foliar. Se pueden diferenciar dos niveles de organización: la venación mayor y la venación menor.

En las dicotiledóneas generalmente hay una vena media o varias venas primarias. La organización vascular de la vena media presenta las mismas variantes que la del pecíolo, ya que es una prolongación del mismo. La vena media o vena principal forma crestas salientes, más prominente la de la cara inferior; en el centro se encuentran el xilema y el floema, dispuestos en uno o varios haces vasculares, rodeados por un parénquima pobre en cloroplastos o sin ellos. También se encuentran los tejidos de sostén: colénquima por debajo de la epidermis, y el esclerénquima alrededor de los tejidos vasculares. Los tejidos vasculares de las hojas son generalmente primarios, pero a veces se puede observar un cámbium funcional y floema y xilema secundarios.

Las venas secundarias están constituidas de la misma manera, cuanto más reducida es la vena más pequeño es el haz vascular, y también se reducen las cantidades de parénquima y tejidos de sostén que las acompañan.

Las venas menores de las hojas de dicotiledóneas generalmente forman una red muy regular y no forman costillas salientes. Están rodeadas por una vaina fascicular de una sola capa de células de espesor parenquimática o esclerenquimática, o pueden combinarse ambos tipos de células.

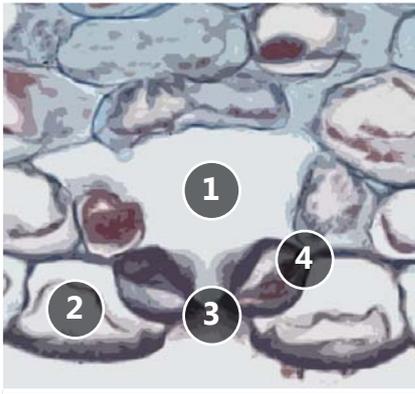
- 1- Cutícula
- 2- Haz Vascular
- 3- Epidermis múltiple
- 4- Células de la vaina de la luz
- 5- Parenquima en empalizada
- 6- Parénquima esponjoso
- 7- Célula oclusiva
- 8- Pelo epidermico



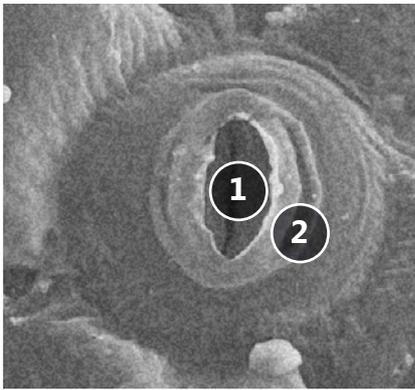
El sistema vascular de las hojas de Monocotiledóneas está formado por venas paralelas que convergen en el ápice, ligadas entre sí por finas venas comisurales transversales, es decir que a nivel microscópico el sistema es también reticulado (cerrado).

En las Gramíneas el haz mediano puede ser más grande, o la parte mediana de la lámina está engrosada sobre el lado adaxial, por la presencia de parénquima incoloro masivo; en ese caso la costilla lleva numerosos haces vasculares (Canna).

Las hojas unifaciales ensiformes de Iris presentan los haces vasculares en parte en una fila, en parte en dos muy próximas, todos los haces se orientan con el xilema hacia adentro. Las hojas tubulares de Allium son una modificación de estas últimas, en la que todos los hacillos se encuentran en un círculo, con el xilema hacia adentro.



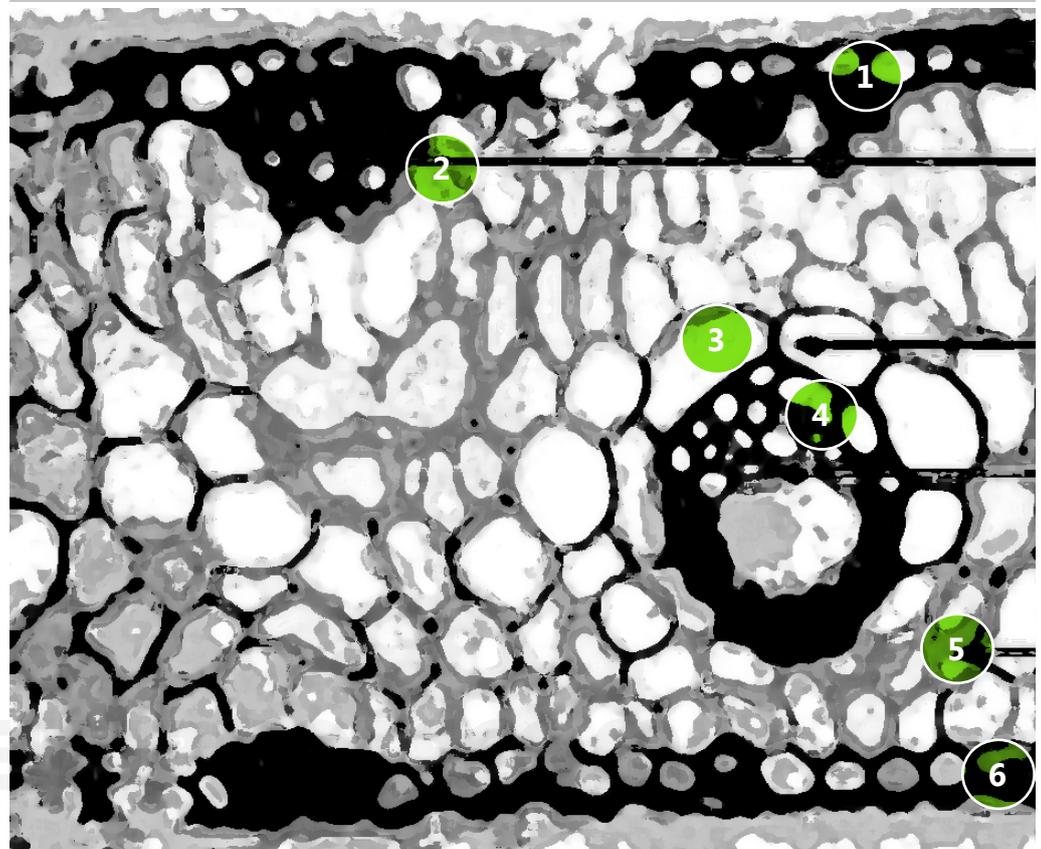
- 1- Cámara subestomatosa
- 2- Célula guarda
- 3- Ostíolo
- 4- Célula oclusiva



- 1- Ostíolo
- 2- Células oclusivas

Cada hacecillo está rodeado por una vaina. En las gramíneas la vaina muestra variaciones que son significativas taxonómicamente y son indicadores del tipo de fotosíntesis característico de las especies.

TRANSCORTE DE HOJA DE MONOCOTILEDONEA (PALMAE)



- 1- Epidermis adaxial / 2- Esclerenquima
- 3- Vaina Fascicular / 4- Haz Vascular
- 5- Clorénquima / 6- Epidermis Abaxial

Los estomas son modificaciones de la epidermis que aparecen en los órganos fotosintéticos de la planta. Se trata de discontinuidades en la epidermis, rodeadas por uno o dos pares de células diferenciadas, células oclusivas, que dejan entre ellas un pequeño orificio, denominado ostíolo. Junto a las células oclusivas aparecen también otras células modificadas, que reciben el nombre de células guarda, que también juegan un importante papel en el funcionamiento del estoma. Bajo el ostíolo hay un espacio vacío que recibe el nombre de cámara subestomática y que comunica con el parénquima subyacente.

Los estomas juegan un papel fundamental en el equilibrio que deben mantener las hojas entre la fotosíntesis y el mantenimiento del agua dentro de la planta. La presencia de la cutícula recubriendo toda la superficie de la hoja hace que ésta sea impermeable, lo que permite que la planta evite perder agua por evaporación en un área tan extensa. Sin embargo, ese mismo hecho impide que el dióxido de carbono llegue a las células que realizan la fotosíntesis, bloqueando el proceso. Los estomas constituyen una solución de compromiso entre ambas necesidades: las células de la cámara subestomática no están impermeabilizadas, por lo que a través de los ostíolos se produce tanto el intercambio de gases como la pérdida de agua por evaporación. Además, el tamaño del ostíolo es regulable mediante cambios de turgencia de las células oclusivas, de modo que la planta puede abrir o cerrar los estomas en función de sus necesidades en cada momento.

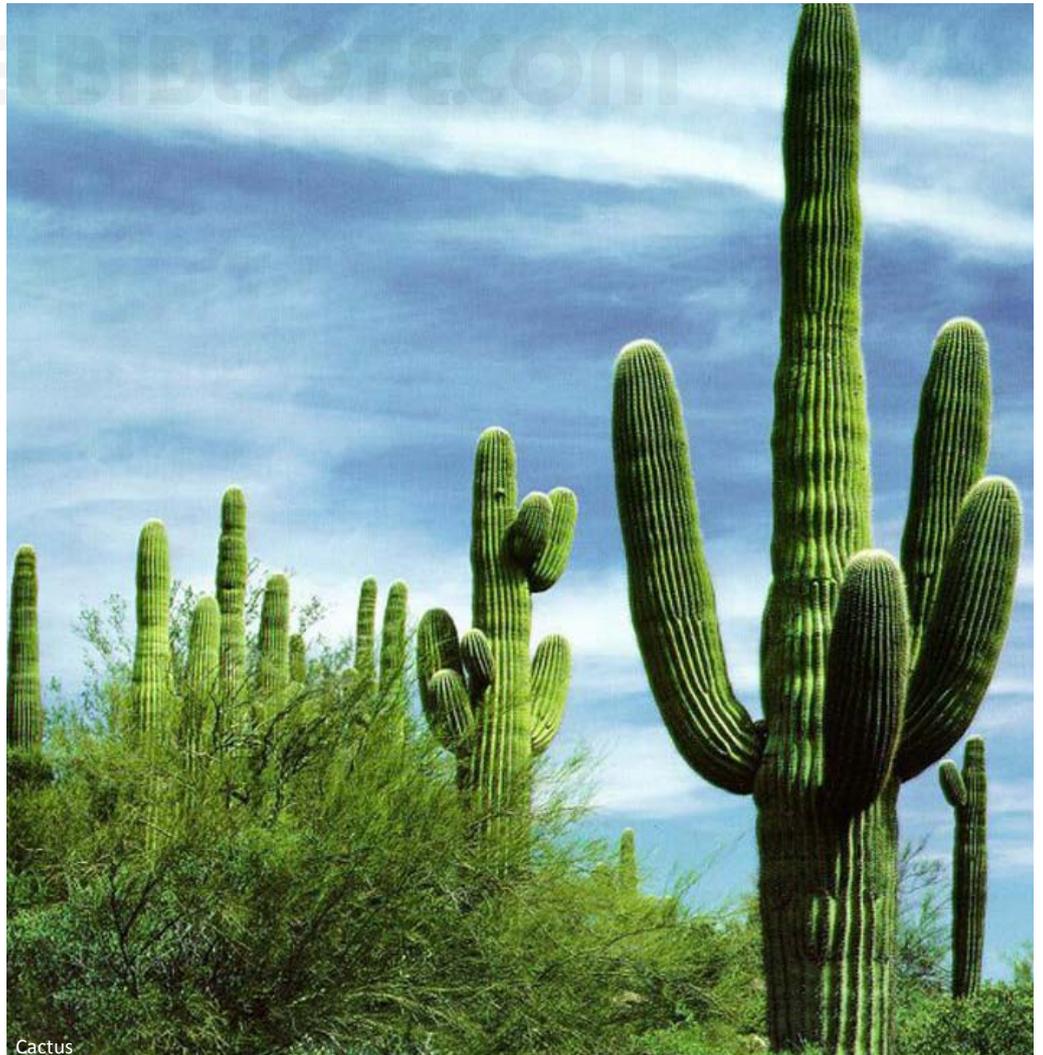
La situación de los estomas dentro de la hoja es también un importante mecanismo de control de la pérdida de agua. Muchas plantas poseen estomas solo en el envés de las hojas, evitando así la insolación directa, con lo que reducen la evaporación. Otras, como los enebros, tienen los estomas formando una o dos líneas en el centro de la hoja. En este caso, la adaptación a la pérdida de humedad consiste en que la hoja puede plegarse longitudinalmente, como resultado de cambios de turgencia de sus células, dejando los estomas dentro de una especie de cavidad en cuyo seno la humedad relativa es mayor que la ambiental, limitando así la pérdida de agua.

ADAPTACIONES DE LAS HOJAS

La condición ambiental que supone mayores dificultades para las plantas terrestres es la escasez de agua, de modo que no es extraño que las principales adaptaciones de las hojas traten de reducir su pérdida.

El xeromorfismo, es decir, el conjunto de adaptaciones a la sequedad, se manifiesta en la hoja, en primer lugar, por un aumento de la relación volumen/superficie, o sea, el desarrollo de hojas pequeñas y compactas, generalmente carnosas. Este engrosamiento de la hoja se debe a un aumento del tamaño del mesófilo, en particular del parénquima en empalizada.

También es característica la aparición de un tejido carente de cloroplastos por debajo de la epidermis, que recibe el nombre de hipodermis. Es frecuente que los estomas aparezcan hundidos, en cámaras o en surcos, para reducir la intensidad de la evaporación. También es habitual que la hoja presente tejidos de sostén, en particular esclerénquima, lo que se interpreta como una adaptación para resistir el marchitamiento. Otras modificaciones que se observan en este tipo de plantas son el engrosamiento de las paredes celulares, especialmente en la epidermis, y la presencia de pelos, que contribuyen a retener el agua.



Cactus