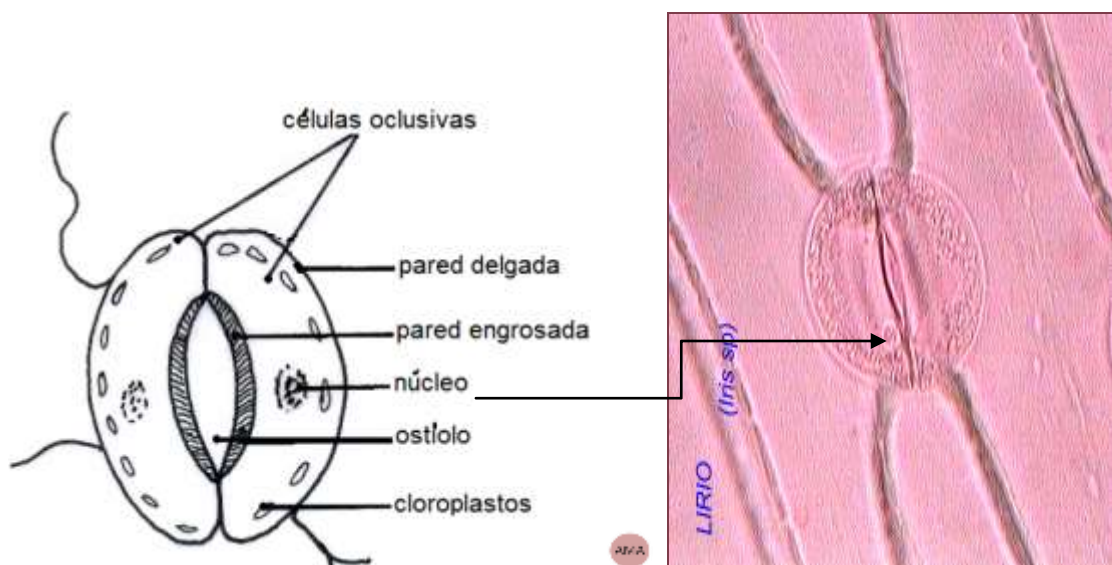


## ESTOMAS

Los estomas interrumpen la continuidad de la epidermis, excepto en la epidermis de la raíz (rizodermis), donde faltan. Se originan en meristemoides epidérmicos.

**Partes de un estoma.** Está formado por dos células adjuntas, células oclusivas o células guardas, que en Dicotiledóneas y la mayoría de las Monocotiledóneas tienen forma arriñonada, dejan entre sí un orificio llamado ostíolo. Las células oclusivas son vivas con pared primaria delgada excepto donde limita al ostíolo, poseen núcleo visible y cloroplastos.



A veces, existen dos o más células subsidiarias o anexas. El conjunto forma el aparato estomático.

### Movimiento estomático

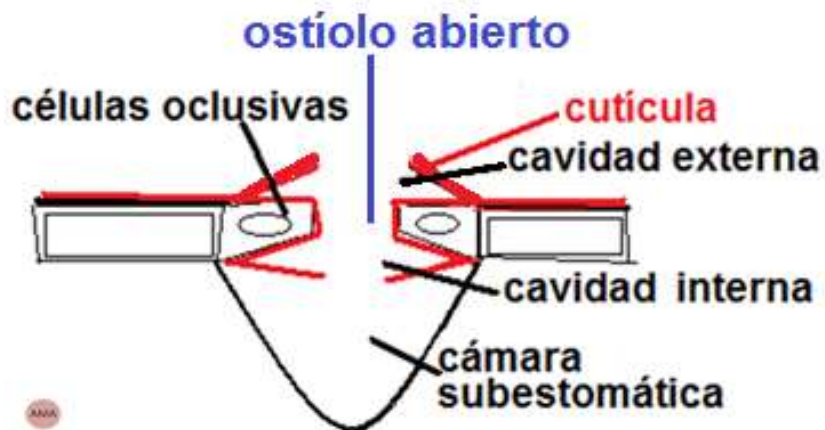
En engrosamiento interno de la pared hace que cuando las células oclusivas están turgentes por la abundancia de agua, se dilate la pared delgada externa y el ostíolo se abre. El proceso inverso ocurre cuando las células pierden su turgencia, es decir están flácidas (las células están flojas, laxas). Hay diversos factores que determinan la absorción y pérdida de turgencia de las oclusivas, por ejemplo, la presencia y abundancia del ión potasio.

Cuando las células oclusivas están turgentes también contribuiría a la apertura del ostíolo la distribución radiada de las microfibrillas de celulosa de la pared celular.

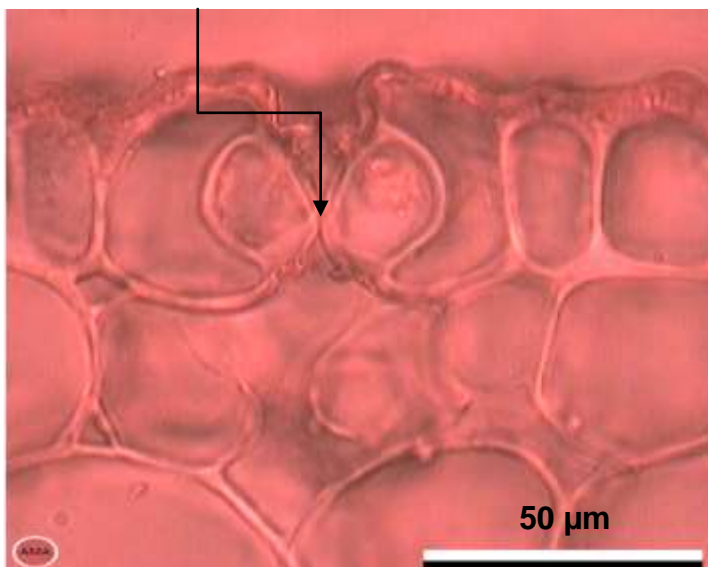
### Estoma en corte transversal

En un corte transversal se observa, la cutícula que forma un reborde que limita la cavidad externa, cubre la pared del ostíolo y puede formar una cavidad interna. El ostíolo comunica con la cámara subestomática en los tejidos internos del órgano, por ejemplo la hoja; facilitando su función de intercambio gaseoso (vapor de agua, anhídrido carbónico y oxígeno). El vapor de agua se desprende por el proceso de transpiración. El anhídrido carbónico y oxígeno entran y salen a través del ostíolo para que se realicen los procesos de fotosíntesis y respiración.

## ESQUEMA DE UN ESTOMA EN CORTE TRANSVERSAL



ostíolo cerrado



Corte transversal de epidermis y estoma de *Aloe arborescens* Mill. (Xanthorrhoeaceae)  
Escala 50 micrómetros.

### Posición de los estomas respecto al nivel de las restantes células epidérmicas

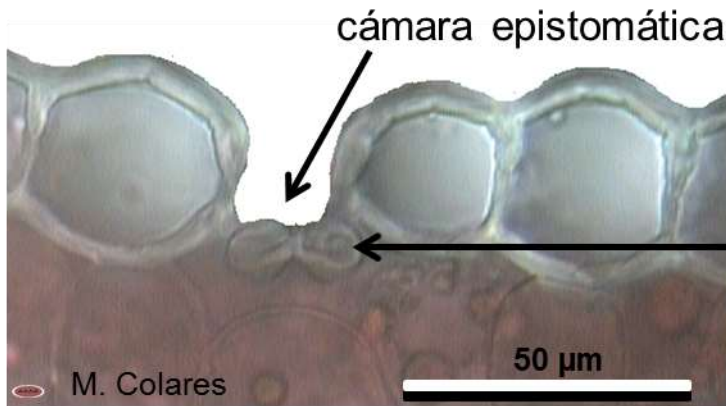
Los estomas pueden encontrarse respecto a las restantes células epidérmicas al mismo nivel, hundidos o elevados.

**Estomas a nivel:** cuando se ubican al mismo nivel que las restantes células epidérmicas.



Por ejemplo en *Senecio macroglossus* DC. (Asteraceae). Escala: 50 micrómetros.

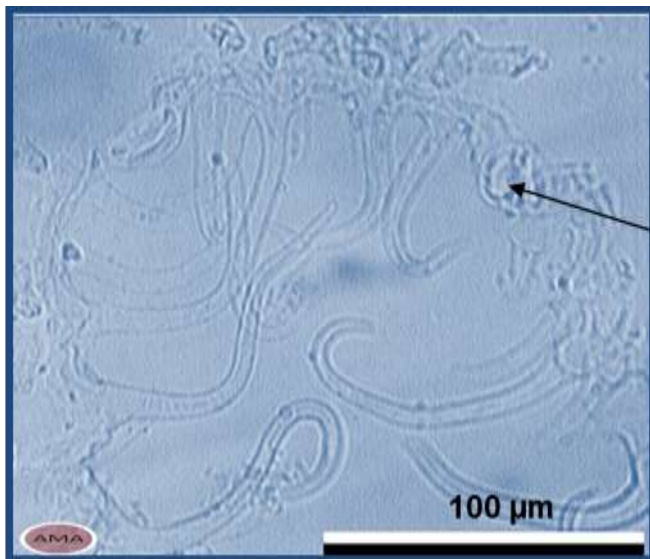
**Estomas hundidos:** están hundidos en la epidermis, los podemos observar en “vinal” *Prosopis ruscifolia* Griseb. (Fabaceae), “sacha limón” *Anisocapparis speciosa* Griseb. ex Cornejo & H. H. Iltis (Capparaceae); muy hundidos en “pino” *Pinus* sp. (Pinaceae).



En la imagen un estoma hundido con cámara epistomática y células oclusivas pequeñas de *Sisyrrinchium iridifolium* subsp. *valdivianum* (Phil.) Ravena (Iridaceae). Escala 50 micrómetros.

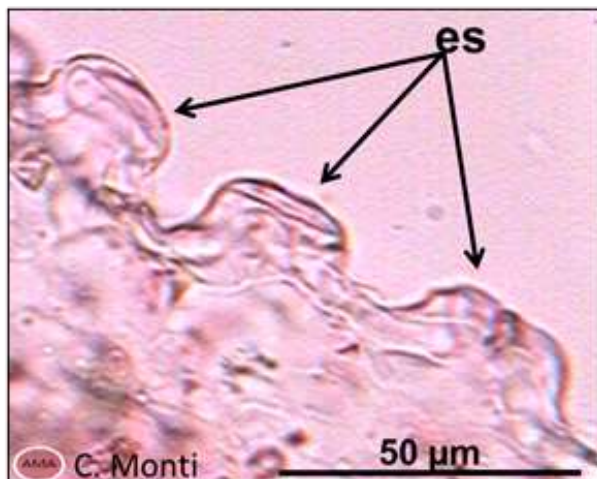
Dentro del grupo con estomas en depresiones de la epidermis se encuentran aquellos ubicados en criptas. Este carácter no es frecuente y resulta de interés taxonómico.

Ejemplos de especies con estomas en criptas “azota caballo” *Luehea divaricata* Mart. (Tiliaceae = Malvaceae); “laurel de jardín” *Nerium oleander* L. (Apocynaceae).



Detalle de estomas en cripta de “laurel de jardín” *Nerium oleander*. Escala: 100  $\mu$ m.

**Estomas elevados:** se encuentran por encima del nivel de la epidermis. Por ejemplo *Cucurbita* spp. (Cucurbitaceae).

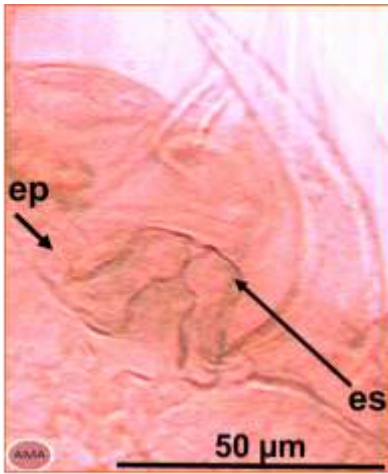


En la imagen se visualizan los estomas elevados de *Cordia curassavica* (Jacq.) Roem. & Schult. (Boraginaceae).

Escala: 50 micrómetros.



Entre los estomas elevados están aquellos sobreelevados como los estomas en columna de *Aloysia gratissima* (Gillies et Hook.) Tronc. var. *gratissima*. (Verbenaceae). Escala: 50 micrómetros.



**ep** : nivel de la epidermis

**es** : estoma sobre la columna

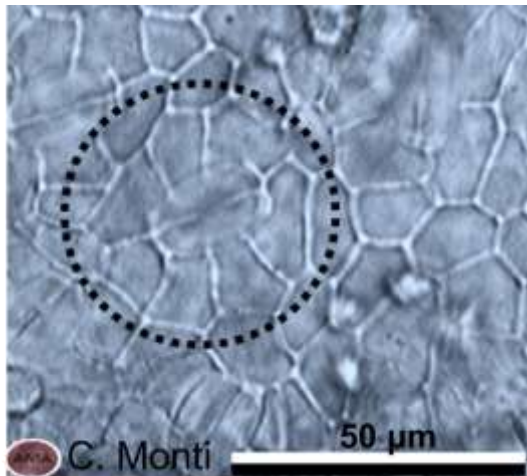
## CLASIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE ESTOMAS

Existen diversas clasificaciones de estomas, algunas atienden a la morfología, por ejemplo: Metcalfe & Chalk (1950) y otras consideran el origen ontogenético, por ejemplo: Fryns-Caessens & Van Cotthem (1973).

Así siguiendo a Metcalfe & Chalk, (1979), vista la epidermis en superficie, los estomas se clasifican por la morfología que a veces coincidente con su ontogenia. Algunos tipos de estomas de acuerdo al número de células epidérmicas diferenciadas que acompañan a las células oclusivas y su ubicación respecto a éstas son:

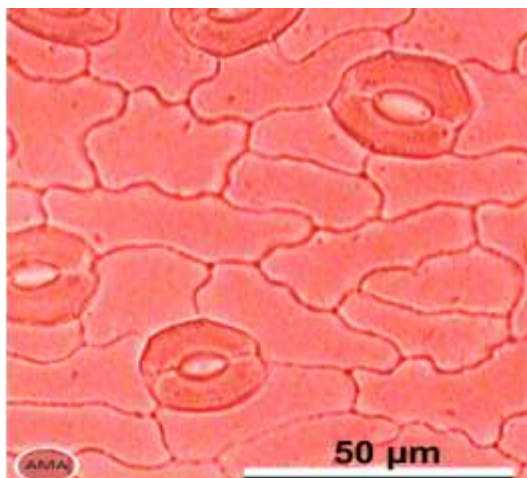
**Actinocíticos:** las células anexas rodean al estoma y están dispuestas con su eje mayor en sentido radial respecto al centro del estoma.

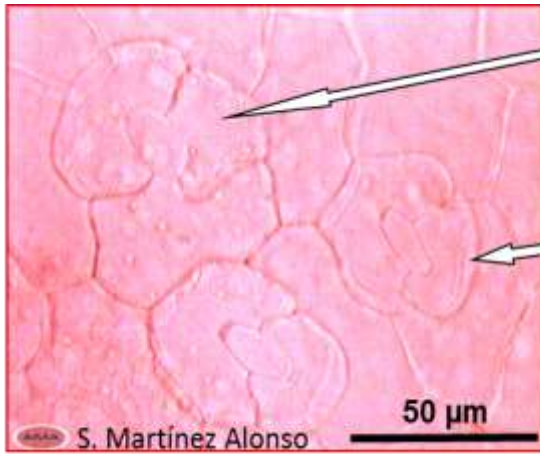
Por ejemplo: “palo jabón” *Sapindus saponaria* L. (Sapindaceae). Escala: 50 micrómetros.



**Anomocíticos:** no presentan células anexas o acompañantes, es decir, las células que rodean al estoma no presentan diferencias con las otras células epidérmicas.

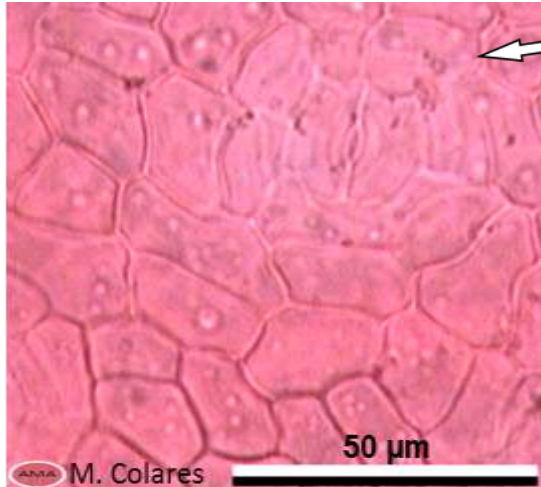
Por ejemplo: “alecrín” *Holocalyx balansae* Micheli (Fabaceae). Escala: 50 micrómetros.





**Anisocíticos:** poseen tres células anexas, las tres de diferente tamaño. Por ejemplo. “salvia morada” *Lippia alba* (Mill.) N.E. Br. (Verbenaceae).

**Diacítico:** poseen dos células anexas con su eje longitudinal perpendicular al eje longitudinal de las células oclusivas. Es posible verlo en la misma epidermis de “salvia morada”. Escala: 50 micrómetros.

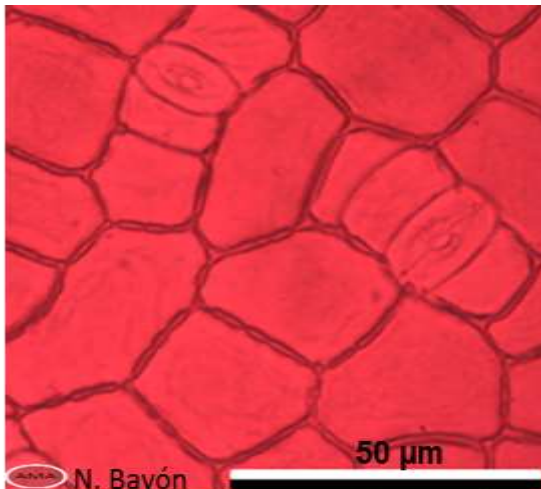


**Ciclocíticos:** las células anexas en número mayor a cuatro, se disponen en ciclos alrededor del estoma. Se pueden observar en la imagen de “cangorosa” *Maytenus ilicifolia* Mart. ex Reissek (Celastraceae).

Escala: 50 micrómetros.

También se encuentran en la epidermis del “quebracho colorado” *Schinopsis balansae* Engl., en el “falso pimentero”

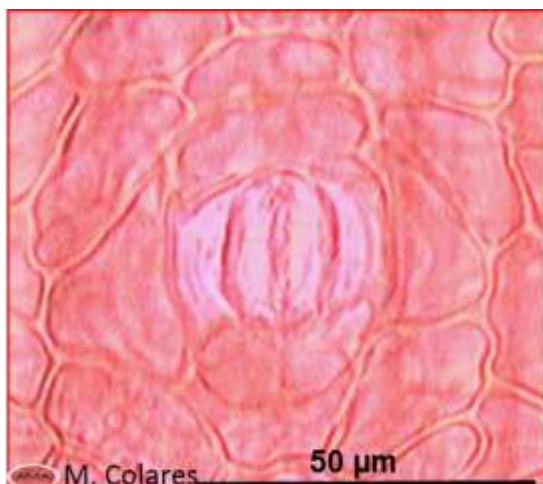
*Schinus areira* L. (Anacardiaceae), etc.



**Paracíticos:** poseen dos células anexas con su eje longitudinal paralelo al eje longitudinal de las células oclusivas. Por ejemplo: en la imagen de *Ximenia americana* L.

(Olacaceae). Escala: 50 micrómetros.

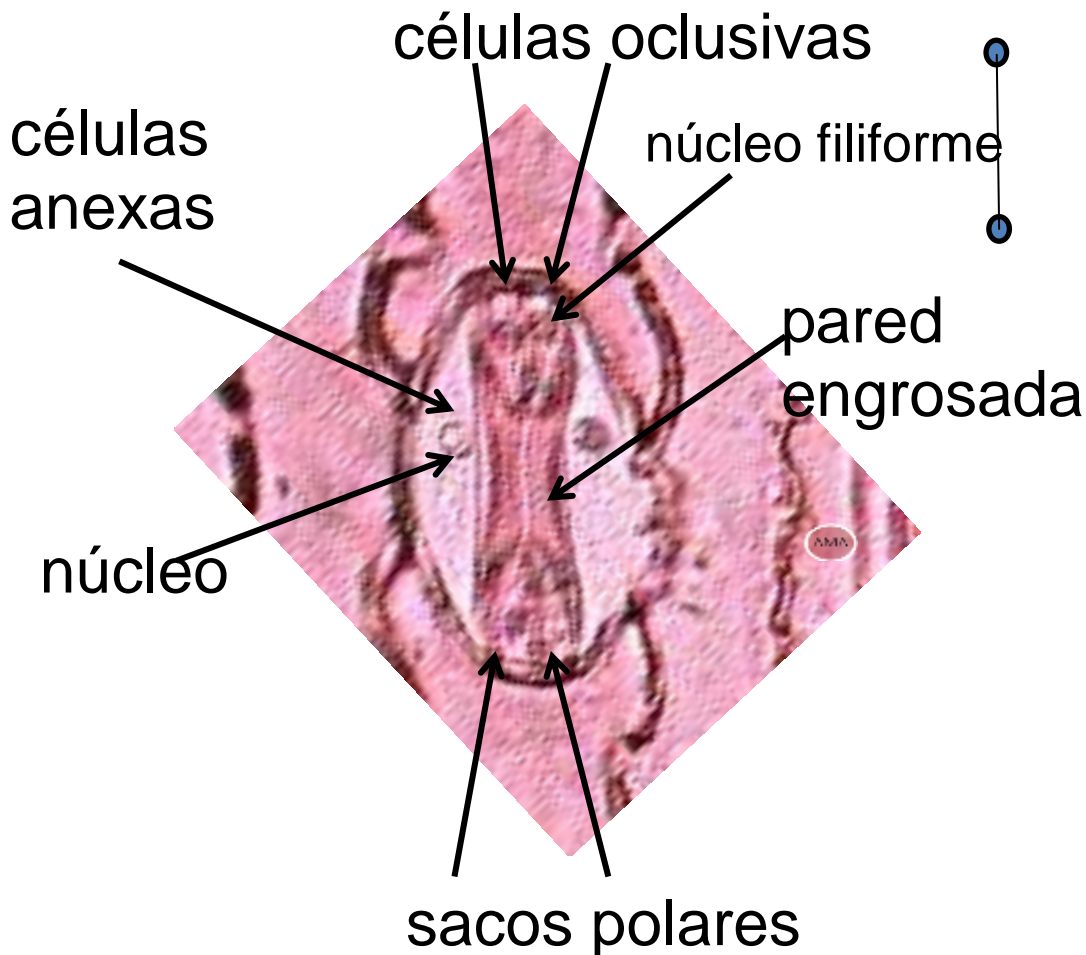
También se observan en las familias Poaceae, Lauraceae y numerosas Fabaceae, tales como “algarrobo blanco” *Prosopis alba* Griseb.; “cebil colorado” *Anadenanthera colubrina* var. *cebil* Griseb. Reis, etc.



**Tetra-cíticos:** el estoma posee cuatro células subsidiarias, dos paralelas a las células oclusivas del estoma y las otras dos en los extremos. Por ejemplo: “pindó” *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman (Arecaceae). Escala: 50 micrómetros.

No confundir con Tetra-cíclicos que poseen cuatro anillos de células subsidiarias.

El estoma de las Poaceae o Gramíneas consta de: dos células oclusivas con forma de pesas, sus extremos, llamados sacos polares tienen la pared delgada y en su citoplasma se encuentran cloroplastos. La parte media de la célula presenta las paredes muy engrosadas, dejando una pequeña cantidad de citoplasma. El núcleo es filiforme ya que se extiende a través de ese conducto desde un saco polar de la célula hasta el otro. El estoma es paracítico, con células anexas paralelas al eje longitudinal de las oclusivas, más o menos triangulares, incoloras y con núcleo generalmente muy visible.



**Movimiento estomático:** hay factores estructurales que influyen sobre el movimiento de apertura y cierre de los estomas como la disposición de las microfibrillas de celulosa en las paredes de las células oclusivas que actúan provocando la apertura cuando tensan las paredes de la célula hidratada. Si están bien hidratadas, la vacuola y toda la célula están turgentes, la pared delgada de las células oclusivas cede y se extiende (no así la pared engrosada) y el ostiolo se abre permitiendo el intercambio gaseoso. Cuando se pierde agua, por ejemplo en forma de vapor de agua durante la transpiración, las células se tornan flácidas y el ostiolo se cierra. En el estoma de las Poaceae solamente pueden dilatarse los sacos polares y al hacerlo provocan la separación del sector medio con la pared engrosada y se abre el ostiolo. Al igual que en los otros tipos de estomas, al perder agua las células se tornan flácidas y el ostiolo se cierra. La concentración de potasio y malato en la vacuola afecta el grado de hidratación, a altas concentraciones la célula estará turgente y viceversa. Pero, el movimiento estomático también responde a otros factores como la luz, la temperatura, la concentración de dióxido de carbono en los espacios intercelulares, etc. Por último, no se puede dejar de lado la adaptación



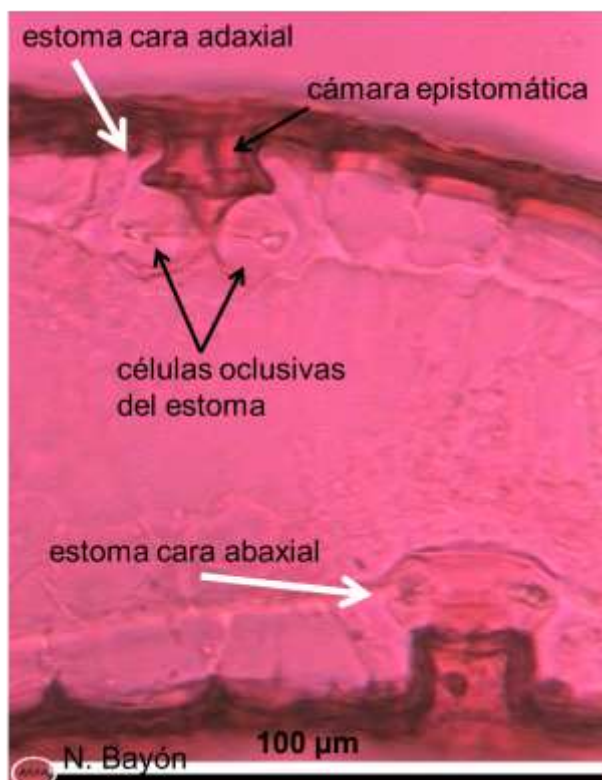
que tienen las plantas al ambiente, mediante el desarrollo de diferentes tipos de procesos de fotosíntesis. Por ejemplo, en el metabolismo ácido de las Crasuláceas (CAM), en que los estomas permanecen abiertos durante la noche (capturando y fijando dióxido de carbono) y se cierran durante el día, en que utilizan el dióxido de carbono que fijaron durante la noche.

## CLASIFICACIÓN DE LAS HOJAS POR LA DISTRIBUCIÓN DE LOS ESTOMAS

Las hojas de acuerdo con la distribución de los estomas en una o ambas caras de la lámina se clasifican en anfistomáticas, hipostomáticas y epistomáticas.

HOJA ANFISTOMÁTICA: posee estomas en ambas epidermis. Esta distribución es característica de las Monocotiledóneas. Por ejemplo: *Monstera deliciosa* Liebm. (Araceae), *Sansevieria* sp. (Asparagaceae), *Iris* sp. (Iridaceae), “los pastos” (Gramíneas o Poaceae).

Pero, también se encuentra en dicotiledóneas como se observa en la imagen siguiente del corte transversal de lámina foliar de “sacha limón” *Anisocapparis speciosa* (Griseb. ex Cornejo & H.H.

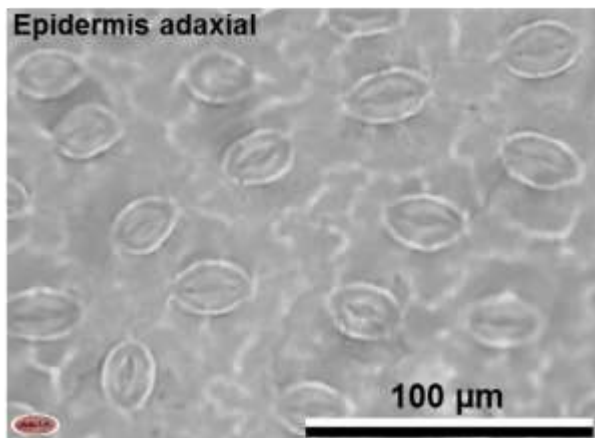


Ittis (Capparaceae), con estomas hundidos en ambas epidermis. Escala: 100 micrómetros. Esta especie crece en la región chaqueña semiárida. Pero también son anfistomáticas las hojas de muchas palustres como *Ludwigia peploides* subsp. *glabrescens* (Kuntze) P.H. Raven; *Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb., etc.

EPISTOMÁTICA: posee estomas en la epidermis adaxial, en la cara haz o cara superior.

Es factible de ocurrir en plantas hidromórficas, con hojas flotantes. *Nymphaea* sp., *Victoria cruziana* A.D. Orb. (Nymphaeaceae), etc. Esto también puede encontrarse en hojas de plantas que viven a gran altura sobre el nivel del mar, en los Andes o Alpes.

La imagen muestra la epidermis adaxial vista en superficie de *Nymphaea* sp., con numerosos estomas.



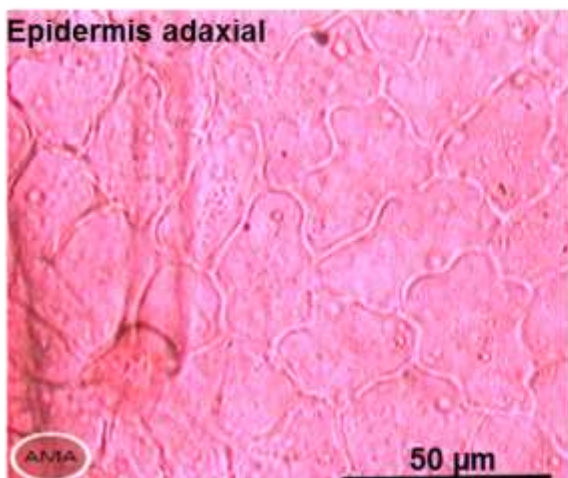
Escala: 100 micrómetros.

### HIPOSTOMÁTICA:

posee estomas solamente en la epidermis abaxial, en la cara envés o cara inferior. Esta distribución es característica de las hojas de Dicotiledóneas que viven en ambiente húmedo y presentan caracteres mesomórficos.

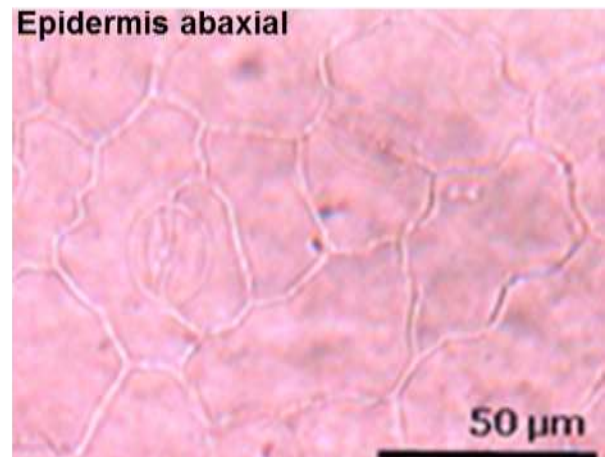
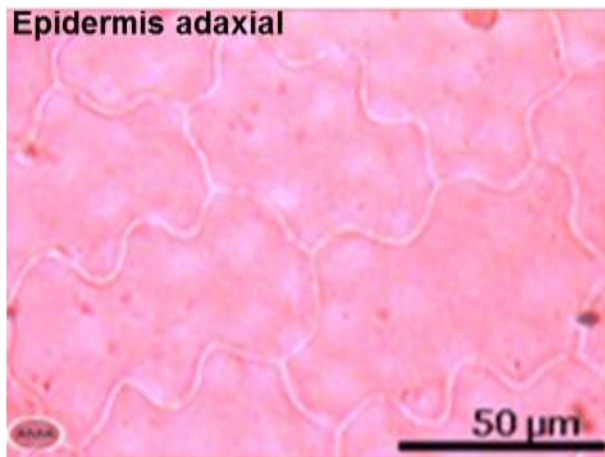
Por ejemplo: “timbó” *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (Fabaceae); “alecrín” *Holocalyx balansae* (Fabaceae) y algunas especies que se ilustran a continuación.

Imágenes de las epidermis de “arachichú” *Rollinia emarginata* Schldl. (Annonaceae). La ondulación de las paredes anticlinales de las células epidérmicas nos indica que es una especie mesomórfica, de ambiente húmedo Escala: 50 micrómetros.

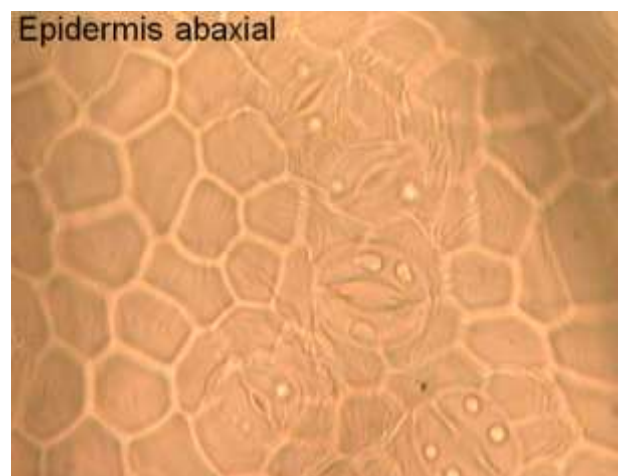
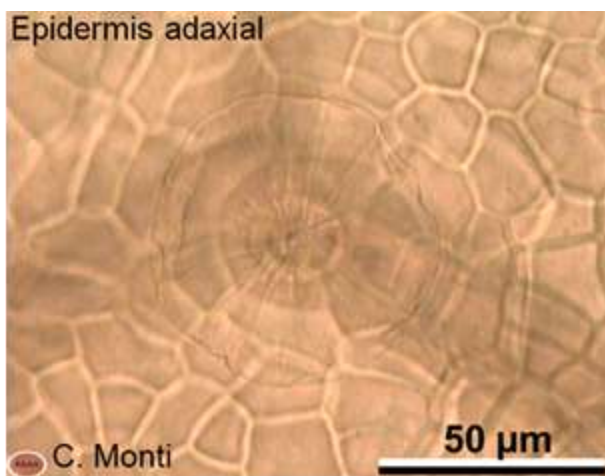




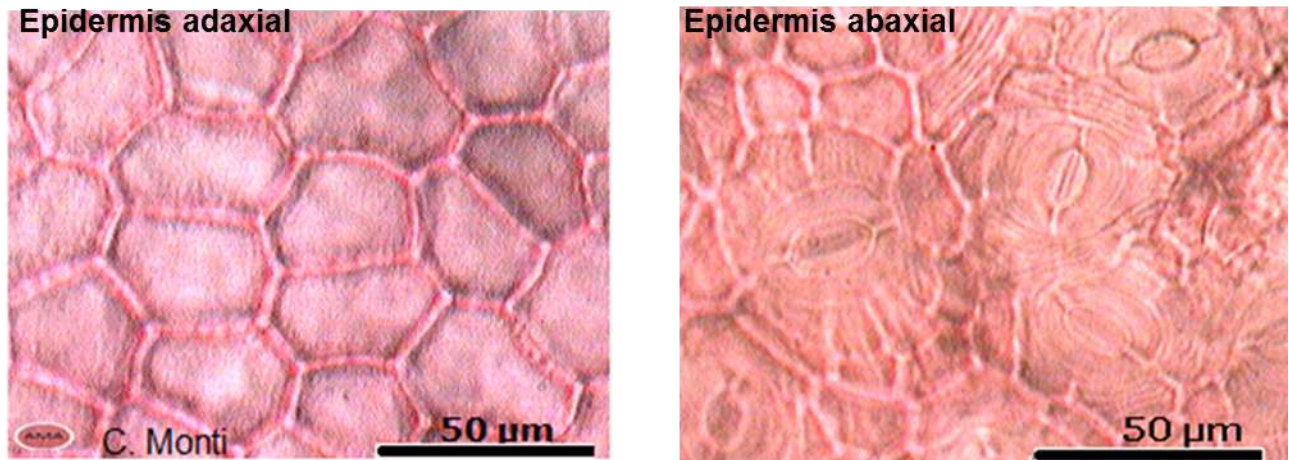
Las siguientes imágenes de las epidermis de “sen” *Senna corymbosa* (Lam.) H.S. Irwin & Barneby (Fabaceae). La ondulación de las paredes anticlinales de las células y su mayor tamaño respecto al ejemplo anterior, nos indica que es una especie mesomórfica de ambiente aún más húmedo. Escala: 50 micrómetros



Las siguientes imágenes de las epidermis de “lapacho rosado” *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos (Bignoniaceae). Las células epidérmicas de esta especie presentan paredes anticlinales rectilíneas y algo engrosadas y en la cara abaxial se observan notables estrías cuticulares. La razón es que aun cuando se trata de una especie de zonas húmedas, su copa queda expuesta a una alta radiación solar y vientos desecantes apareciendo características de xeromorfismo. Escalas: 50 micrómetros



Las siguientes imágenes corresponden a las epidermis de *Schinus molle* Engelm. (Anacardiaceae) con características xeromórficas como las paredes rectilíneas y engrosadas de las células epidérmicas y notables estrías cuticulares en la epidermis abaxial. Escalas: 50 micrómetros.



### Aclaración

Se puede observar que la distribución de los estomas en una o ambas epidermis de la hoja es un carácter variable. En las Dicotiledóneas, las condiciones ambientales influyen notablemente sobre la distribución de los estomas en una o ambas epidermis. Así las hojas de una especie en condiciones ambientales templado-húmedas pueden ser hipostomáticas, mientras que cuando la misma especie crece en zonas cálidas y semiáridas, las hojas suelen pasar a ser anfistomáticas. El ambiente con alta luminosidad favorece la formación de estomas en la cara adaxial, pasando las hojas a ser anfistomáticas (Fahn & Cutler, 1992; Arambarri et al., 2011).

También se puede reconocer que las células epidérmicas tienen paredes anticlinales curvado-rectilíneas como adaptación xeromórfica, mientras que son curvado-onduladas hasta sinuosas en U o V como adaptación mesomórfica. Estas modificaciones producidas por el ambiente pueden aparecer en forma conjunta o independientemente.

Algunos ejemplos de Dicotiledóneas con hojas anfistomáticas son: “cebil colorado” *Anadenanthera colubrina* var. *cebil* (Griseb.) Reis (Fabaceae); “quebracho blanco santiaguense” *Aspidosperma quebracho-blanco* Schlttdl. (Apocynaceae); el “chañar” *Geoffroea decorticans* (Gillies ex Hook. & Arn.) Burkart (Fabaceae); los “algarrobos” *Prosopis* spp. (Fabaceae).

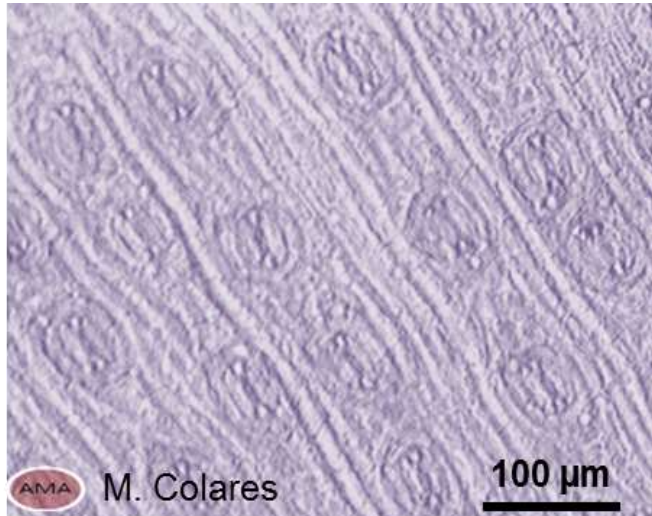
## RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS CÉLULAS EPIDÉRMICAS Y ESTOMAS EN RELACIÓN A LA CLASIFICACIÓN DE LAS PLANTAS (DIVISIÓN, CLASE Y FAMILIA)

### LA EPIDERMIS EN la división GIMNOSPERMAS

Vista en superficie (VS) tiene como características:

- (1) células epidérmicas alargadas, poligonales, rectangulares;
- (2) células epidérmicas dispuestas de manera ordenada, en filas paralelas;
- (3) Los estomas distribuidos de manera ordenada, en filas paralelas, a veces formando bandas estomáticas, e.g., *Abies* sp. (Pinaceae).

Los estomas están formados por dos células oclusivas arriñonadas.



La epidermis de las gimnospermas posee abundantes ceras en superficie como una forma de protección ante el clima riguroso, propio de los lugares donde crecen. Generalmente los estomas están cubiertos, a veces obturados (tapados) por ceras.

Epidermis de “pino paraná” *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (Araucariaceae). Escala 100 micrómetros.

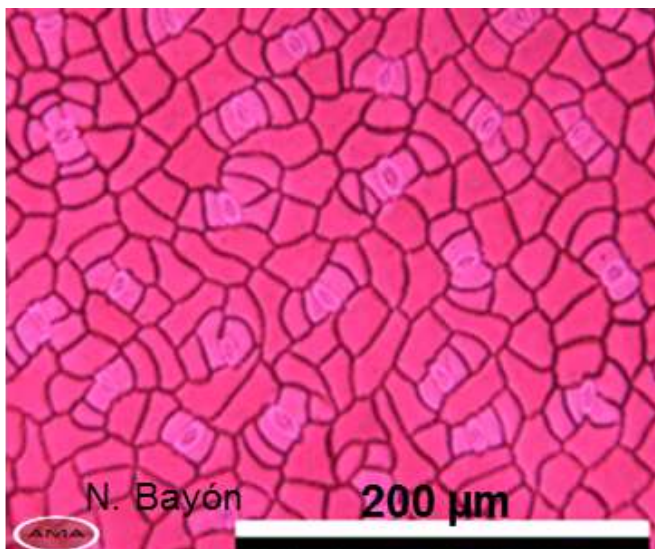
### LA EPIDERMIS EN la

división ANGIOSPERMAS

- Clase 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) estomas distribuidos de manera desordenada.



Epidermis de *Ximenia americana* L. (Olacaceae).

Escala: 200 micrómetros.



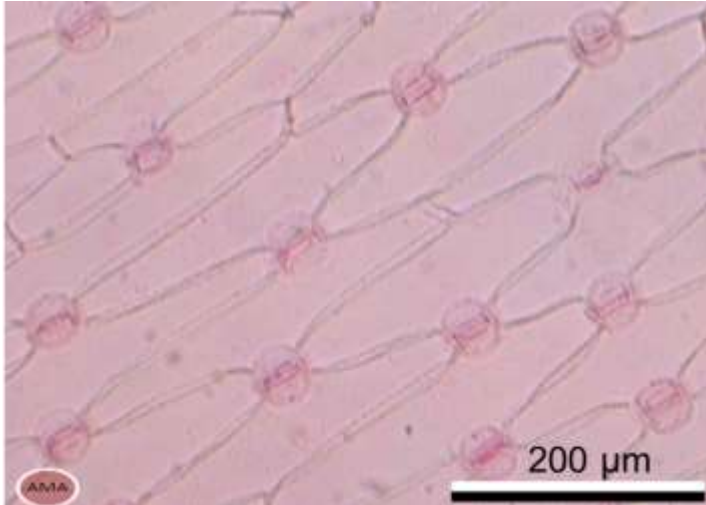
## LA EPIDERMIS EN la

### división ANGIOSPERMAS

- Clase MONOCOTILEDÓNEAS
- 

Vista en superficie (VS) tiene como características:

- (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.



Epidermis de “lirio” *Iris* sp. (Iridaceae).  
Escala 200 micrómetros.

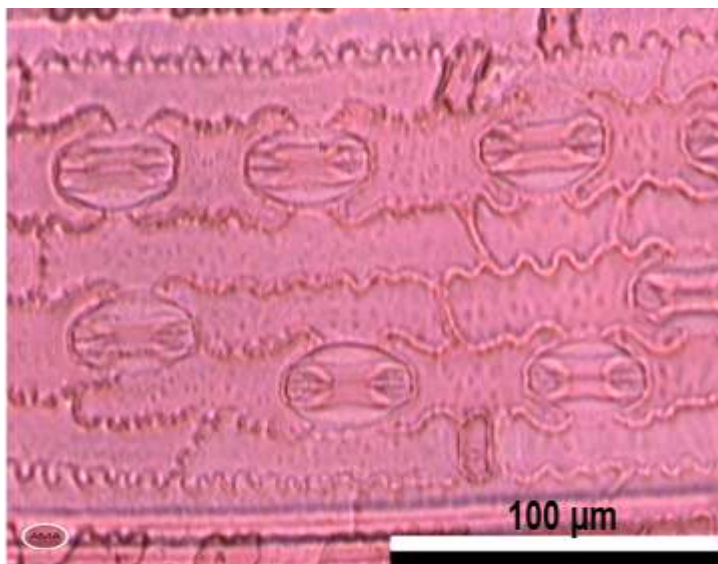
### división ANGIOSPERMAS

- Clase MONOCOTILEDÓNEAS

#### □ Familia POACEAE (Gramíneas)

Vista en superficie (VS) la **Epidermis** de esta familia presenta varios tipos de células: las epidérmicas propiamente dichas, las suberosas, las silicosas y las buliformes (ya descritas).

Las células epidérmicas y estomas se distribuyen de manera ordenada, en filas paralelas al eje longitudinal de la lámina.



Epidermis de “caña de azúcar”  
*Saccharum officinarum* L.  
(Poaceae). Escala: 100  $\mu$ m.

## Bibliografía

- Arambarri, A.M., S.E. Freire, M.N. Colares, N.D. Bayón, M.C. Novoa, C. Monti & S.A. Stenglein. 2006. Leaf anatomy of medicinal shrubs and trees from gallery forests the Paranaense province (Argentina). Part 1. *Bol. Soc. Arg. Bot.* **41**(3-4): 233-268.
- Arambarri, A.M., S.E. Freire, M.N. Colares, N.D. Bayón, M.C. Novoa, C. Monti and S.A. Stenglein. 2008. "Leaf anatomy of medicinal shrubs and trees of Misiones forest of the Paranaense province (Argentina). Part 2. *Bol. Soc. Arg. Bot.* **43**(1-2): 31-60.
- Arambarri, A.M., S.E. Freire, N.D. Bayón, M.N. Colares, C. Monti, María C. Novoa & M.P. Hernández. 2009. Morfoanatomía foliar de árboles medicinales de la Provincia Biogeográfica de las Yungas (Argentina). *Bol Latinoam Caribe Plant Med Aromat* **8**(5): 342–379.
- Arambarri, A.M., S.E. Freire, N.D. Bayón, M.N. Colares, C. Monti, M.C. Novoa y M.P. Hernández. 2009. Micromorfología foliar de arbustos y pequeños árboles medicinales de la Provincia de las Yungas (Argentina). *Kurtziana* **35**(1): 1-31.
- Arambarri, A.M., M.C. Novoa, N.D. Bayón, M.P. Hernández, M.N. Colares & C. Monti. 2011. Ecoanatomía foliar de árboles y arbustos de los distritos chaqueños occidental y serrano (Argentina). *Bol. Soc. Argent. Bot.* **46**(3-4): 251-270.
- Barthlott, W., C. Neinhuis, D. Cutler, F. Ditsch, I. Meusel, I. Theisen & H. Wilhelm. 1998. Classification and terminology of plant epicuticular waxes. *Botanical Journal of the Linnean Society* **126**: 237-260.
- Barthlott, W. & C. Neinhuis. 1997. Purity of the sacret lotus, or escape from contamination in biological surfaces. *Planta* **202**: 1-8.
- Cosa, M.F & N. Dottori. 2010. Adaptaciones anatómicas de plantas medicinales a la diversidad de ambientes. Cátedra de Morfología Vegetal, Fac. Ci. Exactas, Físicas y Naturales, Córdoba.
- Dimitri, M.J. & E.N. Orfila. 1985. Tratado de morfología y sistemática vegetal. Ed. Acme.
- Ditsch, F., H. Patha & W. Barthlott. 1995. Micromorphology of epicuticular waxes in Fabales s.l. and its systematic significance. *Beitr. Biol. Pflanzen* **68**: 297-310.
- Esau, K. 1982. Anatomía de las plantas con semilla. Ed. Hemisferio Sur
- Evert, R.F. 2008. Esau Anatomía Vegetal. Ediciones Omega, Barcelona.
- Fahn, A. 1985. Anatomía Vegetal. Ed. Pirámide
- Fahn, A. & D.F. Cutler. 1992. Xerophytes. *Encyclopedia Plant Anatomy* Vol. 1(9) Gebruder, Borntraeger, Berlin.
- Font Quer, P. 1965. Diccionario de Botánica. Ed. Labor
- Fryns-Claessens, E. & W. Van Cotthem. 1973. A new classification of the ontogenetic types of stomata. *Bot. Rev.* **39**: 71-138.
- Gattuso, M. & S. Gattuso. 1989. Exomorfología y anatomía de *Nymphoides indica* (L.) O. Kuntze (Menyanthaceae). *Parodiana* **5**(2): 249-259.
- Hernández, MP & AM Arambarri 2010. Stomatal distribution, stomatal density and daily leaf movement in *Acacia aroma* (Leguminosae). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* **45**(3-4): 273-284.
- Jensen, W.A. y F.B. Salisbury. 1988. Botánica. McGraw-Hill

- Lüttge, U., M. Kluge & G. Bauer. 1993. Botánica. McGraw-Hill
- Metcalf, C.R. & L. Chalk. 1950. Anatomy of Dicotyledons. Clarendon Press Oxford.
- Metcalf, C.R. & L. Chalk. 1979. Anatomy of Dicotyledons. Vol. 1. Clarendon Press Oxford.
- Strasburger, E. et al. 1994. Tratado de Botánica. Ed. Omega.
- Valla, J.J. 2004. Botánica. Morfología de las plantas superiores. Ed. Hemisferio Sur.