

TEJIDOS PROTECTORES Y ESPACIO EUROPEO DE ENSEÑANZA SUPERIOR

Blanca GONZÁLEZ, Carlos RECIO

Dptº. de Biología Celular. Facultad de Biología. Universidad Complutense de Madrid.

28040 Madrid. España. blancagg@bio.ucm.es

Resumen

Hemos confeccionado un material educativo sobre los Tejidos de Protección en Cormofitas, para la asignatura troncal de "Citología e Histología Vegetal y Animal" de la licenciatura de Biología.

Este trabajo, en formato digital, cumple dos funciones. En primer lugar, el profesor tiene, para sus clases teóricas sobre Tejidos Protectores, un guión, en forma de archivo, de los principales puntos o ideas que va a presentar a los alumnos (contiene resúmenes, dibujos, esquemas e imágenes de microscopía óptica y microscopía electrónica, además de bibliografía y enlaces con recursos similares). Este material ha sido seleccionado con las mejores publicaciones de la especialidad o confeccionado especialmente por los autores de este trabajo. En segundo lugar, los estudiantes disponen del mismo material que ha utilizado el profesor en clase, como guía didáctica, para su estudio particular. La mayoría de los dibujos e imágenes de microscopía óptica han sido seleccionados en color, para hacerlos más atractivos y facilitar el proceso de enseñanza-aprendizaje. La bibliografía y páginas webs recomendadas, pueden facilitar a los estudiantes la ampliación de los conocimientos ofrecidos por el profesor en clase. Este trabajo ha sido financiado con un Proyecto de Innovación Educativa (PIE 2006/16) de la Universidad Complutense de Madrid.

Palabras Clave: *Tejido epidérmico, Tejido suberoso, Histología vegetal, Anatomía microscópica vegetal.*

1. Objetivos

En 2003, se publicó un CD, titulado "*Histología Animal y Vegetal*", como resultado del trabajo realizado con otro Proyecto de Innovación Educativa (PIE 2001/10), para su utilización como material docente y de estudio. Fue especialmente diseñado para las clases prácticas de la asignatura troncal de "Citología e Histología Vegetal y Animal", de 1er. Curso de la Licenciatura de Biología, en la Universidad Complutense de Madrid. Su acogida por los estudiantes fue tan buena que la primera edición se agotó poco después de su publicación.

La posibilidad de proporcionar a los alumnos una guía didáctica, en formato digital, sobre las clases teóricas de Histología Vegetal, nos ha animado a elaborar un archivo, entre otros dedicados a los tejidos vegetales, con presentaciones sobre el Tejido Epidérmico y el Tejido Suberoso.

El objetivo fundamental de este trabajo ha sido crear un material educativo de buena calidad científico-técnica y pedagógica, capaz de favorecer y mejorar el aprendizaje en nuestros estudiantes.

2. Material y métodos

Se presenta en este trabajo, un archivo en formato PDF, con el contenido de las clases de teoría, donde se desarrollan los Tejidos Protectores en las Cormofitas. El formato PDF permite cargarlo en la web del Campus Virtual de la UCM, a la que acceden los alumnos de la asignatura. Ellos pueden estudiar los documentos de la web e interactuar con las diferentes opciones destinadas a

tal efecto.

Para conseguir este archivo se confeccionaron todos los textos de los resúmenes, se realizaron los esquemas y dibujos más convenientes, se recopilaron sus imágenes (tanto de microscopía óptica como de microscopía electrónica) y se crearon por los autores, todas aquellas presentaciones, tanto de texto como de dibujos y microfotografías, que resultaban más didácticas y que no se hubiesen encontrado ni en la bibliografía ni en las páginas webs consultadas.

Se modificaron en ocasiones también dibujos o esquemas de otros autores, para favorecer su comprensión o hacerlos más completos o actuales.

Posteriormente se montaron en Power Point todos los textos, esquemas, dibujos y microfotografías. Dado que se trata de un trabajo docente, sin ánimo de lucro, y de uso interno (para alumnos de la UCM, a través de la red del campus virtual), se han tomado imágenes de diversos autores, a los que se cita al pie de sus respectivas imágenes. Todo el material, obtenido de la bibliografía consultada, tiene reflejado en su presentación el año de su publicación y el nombre de su/sus autor/autores. El material conseguido en Internet está acompañado de su correspondiente dirección de página web. El resto de imágenes y dibujos pertenecen a publicaciones anteriores de los autores o han sido diseñadas especialmente, por los mismos, para este trabajo. Finalmente, todo el trabajo montado en soporte ofimático basado en software libre (NeoOffice) se ha pasado a PDF, con sistemas basados en Macintosh.

Deseamos hacer constar aquí que el material, comprendido en el archivo original, se muestra, siempre que las técnicas microscópicas lo han permitido, en su inmensa mayoría, en color, con la intención pedagógica de hacerlo más atractivo a los estudiantes. De esta forma se facilita el proceso de enseñanza-aprendizaje.

3. Resultados

Se ha elaborado un archivo en formato PDF, que contiene una serie de 68 presentaciones en Power Point, sobre los Tejidos Protectores. Las presentaciones se confeccionaron a base de esquemas, dibujos e imágenes (de microscopía óptica y microscopía electrónica), obtenidos tanto de la bibliografía como de las páginas webs de la especialidad. Así mismo se incluyeron los textos, dibujos y microfotografías originales elaborados por los autores para este trabajo.

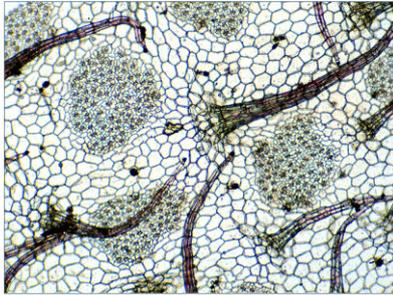
Incluimos en esta publicación 60 presentaciones seleccionadas del archivo original. Con ellas hemos realizado 10 Tablas, con 6 presentaciones o figuras cada una de ellas. Las 8 primeras láminas se dedican al Tejido Epidérmico. Las 2 últimas contienen materiales correspondientes al Tejido Suberoso.

Tabla 1. Generalidades del Tejido Epidérmico I.

<p style="text-align: center;">Características generales del Tejido Epidérmico (1)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es un tejido de protección del cuerpo primario de la planta. Cubre toda la planta, si es anual; cubre la planta entera, en su primer año, y las zonas de menos de un año, en tallos y raíces con crecimiento secundario; recubre las hojas, las flores y los frutos. • Es el tejido frontera con el mundo exterior: es un tejido de protección mecánica, reduce la transpiración, facilita el intercambio de gases, sirve como soporte mecánico, en las epidermis pluriestratificadas funciona como tejido de acumulación de agua y, en la zona pilifera de la raíz, sirve para la absorción de agua y sales minerales. • Es un tejido de células vivas. 	<p style="text-align: center;">Características generales del Tejido Epidérmico (2)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se dispone de manera periférica en todos los órganos. Pero falta en la caliptra y en el ápice vegetativo caulinar. • Desde el punto de vista morfológico y fisiológico, el tejido epidérmico no es homogéneo, ya que tiene muchas variedades y especializaciones como los tricomas y las glándulas. Sin embargo, es un tejido homogéneo, desde el punto de vista de su ontogenia y distribución topográfica. • Procede del meristemo primario apical: del dermatógeno (según la teoría de los Histógenos) y de la túnica (según la teoría de la Túnica-Cuerpo). • Las células meristemáticas se dividen por planos anticlinales (perpendiculares a la superficie externa), originando una sola capa de células epidérmicas.
<i>Características generales (1)</i>	<i>Características generales (2)</i>

EPIDERMIS con PELOS y ESTOMAS

• Imagen tomada de http://www.uri.edu/cels/bio/plant_anatomy/55A.html



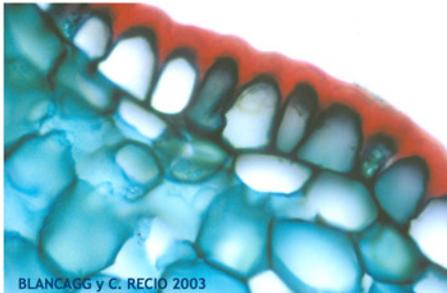
Tipos de Tejidos epidérmicos

- En la mayoría de las plantas, el tejido epidérmico consiste en una sola capa de células. Pero en algunos órganos, puede haber dos o más capas de células (**epidermis multiestratificadas**). En este caso, las capas de células se forman por **divisiones periclinares** de la **protodermis** o pueden derivar, las más internas, del **tejido fundamental**. Tejidos epidérmicos estratificados son frecuentes en begonináceas, moráceas, malváceas, helechos, raíces aéreas de orquídeas ...
- En la zona periférica del cilindro cortical, de las **RAÍCES DE LAS ORQUÍDEAS**, hay una gran formación epidérmica pluriestratificada, denominada **VELAMEN**, que se suele suberificar. Sus células están muertas. Tienen engrosamientos espirales en sus paredes (células traqueidales) y aberturas para el paso del agua. Funciona como tejido de absorción y acumulación de agua. También ofrece funciones mecánicas y de protección contra la pérdida de humedad de estas raíces.

Imagen panorámica de una epidermis al microscopio óptico (M.O.)

Tipos de epidermis: monoestratificada y pluriestratificada.

EPIDERMIS MONOESTRATIFICADA
en tallo de primario de tejo



BLANCAGG y C. RECIO 2003

EPIDERMIS PLURIESTRATIFICADA
en hoja de pino



BLANCAGG y C. RECIO 2003

Imagen de epidermis monoestratificada, al M.O

Imagen de epidermis pluriestratificada, al M.O.

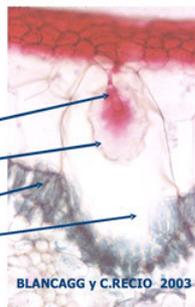
Tabla 2. Generalidades del Tejido Epidérmico II.

EPIDERMIS PLURIESTRATIFICADA

Epidermis pluriestratificada de la hoja de Ficus.

Una célula muy voluminosa de la hipodermis, forma un **cistolito**: el tallito es de SiO₂ (de color rosa) y la concreción es de CO₃Ca.

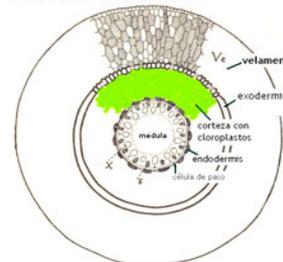
El **parénquima** en empalizada es desplazado por el gran volumen que adquiere el **litocisto**.



BLANCAGG y C.RECIO 2003

EPIDERMIS PLURIESTRATIFICADA: VELAMEN de raíces aéreas de orquídeas

Raíz aérea de Vanda teres (orquídea)



Modificado de I.Roth 1976

Epidermis pluriestratificada

Epidermis pluriestratificada: Velamen

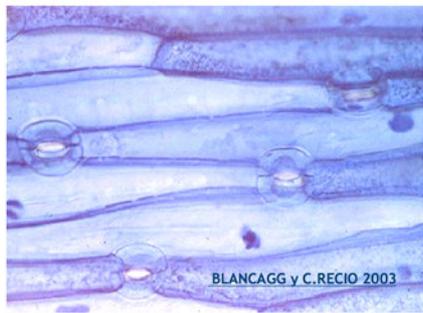
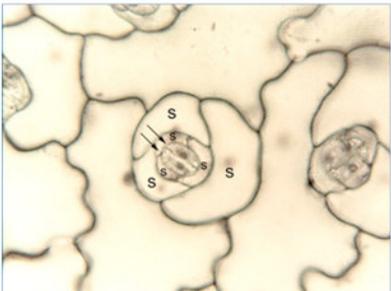
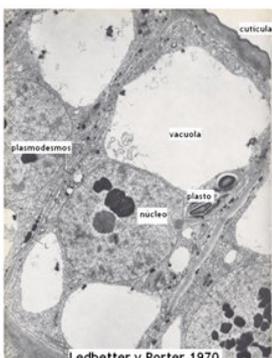
<p>Morfología de las Células Epidérmicas</p> <ul style="list-style-type: none"> Viene relacionada con el medio externo en que habitualmente vive la especie de que se trate. Las células epidérmicas son generalmente aplanadas y carecen de espacios intercelulares (meatos). Son generalmente prismáticas (altas, cúbicas o planas), lobuladas o prisma-hexagonales.  <p>BLANCAGG & C.RECIO 2006</p>	<p>CÉLULAS EPIDÉRMICAS PRISMÁTICAS de hoja de lirio</p>  <p>BLANCAGG y C.RECIO 2003</p>
<p><i>Morfología celular</i></p>	<p><i>Células epidérmicas prismáticas</i></p>
<p>CÉLULAS EPIDÉRMICAS LOBULADAS</p>  <p>Imagen tomada de http://www.sbs.utexas.edu/mauseth/web/lab/webchap10epi/10.3-1.htm</p>	<p>Citología de las Células Epidérmicas</p> <ul style="list-style-type: none"> Núcleo lateral. Poco desarrollo de R.E, Aparato de Golgi, mitocondrias. Con leucoplastos y cromoplastos en pétalos (carotenoides). Normalmente sin cloroplastos ni meatos. Aunque plantas acuáticas, y otras que se han desarrollado en condiciones de poca iluminación, si presentan cloroplastos. Generalmente poseen una gran vacuola, pero en algunas hojas, como en el <i>Eucalyptus</i>, sólo hay vacuolas pequeñas. Sólo tienen pared celular primaria, de celulosa pura generalmente, y de espesor variable. En las paredes radiales y en las tangenciales internas se observan punteaduras primarias y plasmodesmos ; mientras que las paredes tangenciales externas se encuentran atravesadas por unos canales denominados ectodesmos. La característica más importante de la pared celular tangencial externa, en las células epidérmicas, es la presencia de la cutícula .
<p><i>Células epidérmicas lobuladas</i></p>	<p><i>Citología de las células epidérmicas</i></p>

Tabla 3. Pared Celular y Cutícula.

<p>CÉLULAS EPIDÉRMICAS AL MICROSCOPIO ELECTRÓNICO DE TRANSMISIÓN</p>  <p>plasmodesmos, vacuola, núcleo, plasto, cutícula</p> <p>Leadbetter y Porter 1970</p> <p>Pared primaria con plasmodesmos Vacuolas importantes Núcleo Plastos Otros orgánulos Cutícula en la pared tangencial más externa</p>	<p>LA CUTÍCULA</p> <ul style="list-style-type: none"> Es una capa continua que se extiende sobre la superficie exterior libre de toda la epidermis. La característica más importante de la pared celular de las células epidérmicas es la presencia de cutina . No solo como impregnación de la pared tangencial más externa - cutinización, sino como una capa continua, llamada CUTÍCULA, sobre toda la superficie de la epidermis. Esta CUTÍCULA se forma mediante el proceso de cuticularización. La cutina es un poliéster de ácidos Omega-hidroximonocarboxílicos. En presencia del aire, polimeriza y forma la CUTÍCULA. La cutina es una sustancia muy impermeable que evita la transpiración de la planta En muchas plantas está cubierta de cera u otras sustancias (como resinas, suberina, SiO₂, CO₂Ca, aceites, caucho, mucílagos, lignina...)
<p><i>Células epidérmicas al Microscopio Electrónico de Transmisión</i></p>	<p><i>La cutícula</i></p>

<p align="center">PARED CELULAR EPIDÉRMICA</p> <p align="right">CRECIO y BLANCAGG 2006 Modificado de Robert y Roland 1990</p>	<p align="center">Modificaciones Secundarias de la Pared Celular</p> <p>La cara tangencial externa de la pared, donde se encuentra la cutícula, puede tener añadidas modificaciones secundarias, a base de :</p> <ul style="list-style-type: none"> • CERAS (hidrocarburos saturados de 21 y 27 átomos de C). • CÉRIDOS (ésteres de alcohol y ácido orgánico). • SiO₂ en Gramíneas. • SUBERINA (poliésteres de polifenoles con ácidos e hidroxilácidos) en Gramíneas. • CO₂Ca en Boragináceas. • LIGNINA (polímeros del coniferol y del sinapol), en Pinus • GOMAS y MUCÍLAGOS (pectinas hidrolizadas) en Euphorbia. <p>La CUTINA (poliéster de ac. Omega-hidroxi monocarboxilicos), que forma la CUTÍCULA es una molécula conseguida en la filogenia vegetal, que ha permitido a las especies primitivas acuáticas colonizar la tierra firme.</p>
<p><i>Pared celular epidérmica</i></p>	<p><i>Modificaciones secundarias de la pared celular</i></p>
<p align="center">GRADO DE MOJABILIDAD : por las CERAS</p> <p>Cutina: Poliéster de ácidos Hidroximonocarboxilicos con 16-18 carbonos</p> <p>Ceras: Cêridos: Ésteres de alcohol + ácido Hidrocarburos saturados con 21 y 37 carbonos</p> <p align="right">CRECIO y BLANCAGG 2006 Esquemas modificados de J.FERRER 1997</p>	<p align="center">MODIFICACIONES DE LA PARED CELULAR con CO₂Ca, en Hoja de Cannabis sativa</p> <p align="right">Imagen tomada de Maurelth en: http://www.sbs.ub.edu/~useh/web/lab/webchar10enP10.5-2.htm</p>
<p><i>Grado de mojabilidad por las ceras</i></p>	<p><i>Modificaciones de la pared celular</i></p>

Tabla 4. Estomas.

<p align="center">Diferenciaci3nes del Tejido Epidérmico LOS ESTOMAS (1)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diferenciaci3nes epidérmicas al servicio de la transpiraci3n • Localizados en partes aéreas y verdes: tallos primarios, hojas, sépalos • Se han visto también en filamentos de estambres, en semillas, en el gineceo..... pero no funcionan. • Están en los rizomas (tallos modificados) • Nunca están en la raíz , ni en plantas parásitas (sin cloroplastos): <i>Neottia</i>, <i>Monotropa</i> • ESTRUCTURA: <ul style="list-style-type: none"> ◊ Dos células oclusivas o guardianas : con cloroplastos y almid3n, cuya hidrólisis produce azúcares osm3ticos (que suben la presi3n osm3tica al absorber agua y aumentar de volumen). ◊ De 2 a 4 células acompañantes o subsidiarias (que pueden faltar). ◊ Ostiolo o estoma. ◊ Cámara subestomática. 	<p align="center">ESQUEMA DE UN ESTOMA, según I.Roth 1976</p> <p align="right">Según I.Roth 1976</p>
<p><i>Diferenciaci3nes del tejido epidérmico: los estomas (1)</i></p>	<p><i>Esquema de un estoma</i></p>

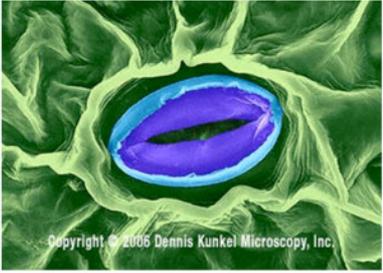
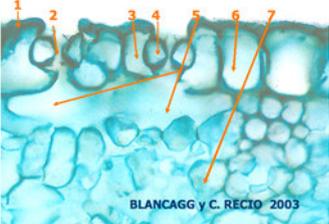
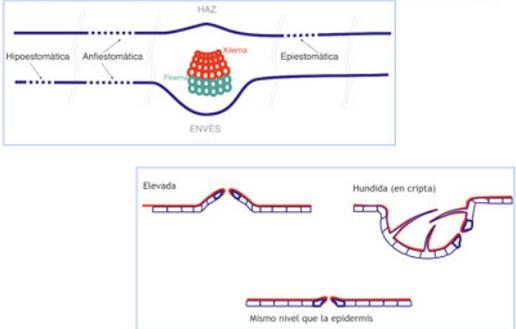
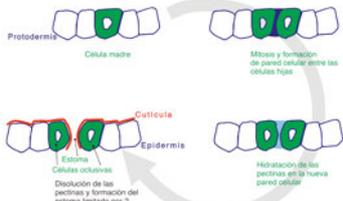
<p style="text-align: center;">ESTOMA al M.E.B. de hoja de <i>Vicia Faba</i></p>  <p style="text-align: center;">Copyright © 2006 Dennis Kunkel Microscopy, Inc. tomado de http://www.denniskunkel.com/product_info.php?products_id=9146</p>	<p style="text-align: center;">ESTOMAS y cámaras subestomáticas intercomunicantes</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.-cutícula 2.-ostiole 3.-célula acompañante 4.-célula oclusiva 5.-cámaras subestomáticas 6.-epidermis 7.-parénquima  <p>Las cámaras subestomáticas de dos estomas contiguos están conectadas, en el tallo de esta Umbelífera. Bajo ellas, el parénquima es laxo y, por ello, se facilita el intercambio gaseoso con el exterior.</p> <p style="text-align: right;">BLANCAGG y C. RECIO 2003</p>
<p style="text-align: center;"><i>Estoma al M.E.B.</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>Estomas y cámaras subestomáticas intercomunicantes</i></p>
<p style="text-align: center;">Diferenciaciones del Tejido Epidérmico LOS ESTOMAS (2)</p> <ul style="list-style-type: none"> • DISPOSICIÓN EN LA HOJA <ul style="list-style-type: none"> ◊ Hipoestomática 1: estomas en el envés ◊ Anfiestomática 2: estomas en el haz y en el envés ◊ Epiestomática 3: estomas en el haz • SITUACIÓN EN LA EPIDERMIS <ul style="list-style-type: none"> ◊ Elevada: plantas acuáticas, patata. ◊ Hundida: plantas xerofíticas como <i>Nerium oleander</i>. ◊ Al mismo nivel que el resto de la epidermis: lirio. • NÚMERO <ul style="list-style-type: none"> ◊ Muy variable, según donde viva la planta. ◊ N° mínimo, si viven en lugares secos. ◊ N° máximo, si viven en lugares húmedos. ◊ Son típicos de las hojas: varios cientos / mm². 	<p style="text-align: center;">Disposición y situación de los estomas en la hoja</p>  <p style="text-align: center;">BLANCAGG & C. RECIO 2006</p>
<p style="text-align: center;"><i>Diferenciaciones del tejido epidérmico: los estomas (2)</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>Disposición y situación de los estomas en la hoja</i></p>

Tabla 5. Estomas y tricoma

<p style="text-align: center;">ESTOMA PROFUNDO de epidermis pluriestratificada en hoja de pino</p> <p style="text-align: center;">BLANCAGG y C. RECIO 2003</p> 	<p style="text-align: center;">Diferenciaciones del Tej. Epidérmico: LOS ESTOMAS.3</p> <p>El estoma se forma a partir de una célula de la Protodermis o célula madre del estoma. Las células subsidiarias pueden originarse de la misma célula precursora de las células oclusivas (estoma mesógino) o de células protodérmicas adyacentes (estoma perigino).</p>  <p style="text-align: right;">BLANCAGG & C. RECIO 2006</p>
<p style="text-align: center;"><i>Estoma profundo en epidermis pluriestratificada</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>Diferenciaciones del tejido epidérmico: los estomas (3)</i></p>

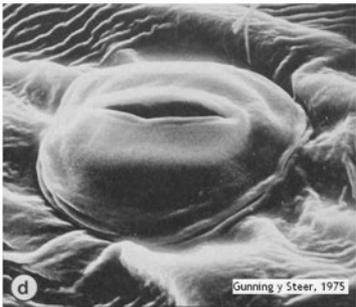
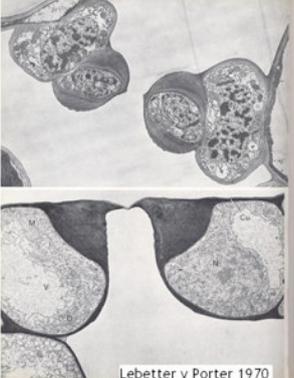
<p align="center">Diferenciaci3nes del Tejido Epid6rmico LOS ESTOMAS (4)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Regulan el paso de vapor de H₂O, CO₂ y O₂, mediante apertura y cierre del ostiolo • Las c6lulas oclusivas tienen pared celular de espesor desigual • La pared m1s gruesa est1 hacia el estoma • La pared m1s fina, con abundantes plasmodesmos, est1 hacia la c6lula acompa1ante • El grado de TURGENCIA CELULAR rige su apertura o cierre • El GROSOR DESIGUAL DE LA PARED facilita esa apertura o cierre • Los espesores desiguales y las fluctuaciones de turgencia se relacionan con cambios de forma y volumen en las c6lulas oclusivas • En Dicotiled6neas, la hidr3lisis del almid3n produce aumento de az6cares osm3ticos (que absorben H₂O y aumentan el volumen): lo que aumenta la TURGENCIA. • CAMBIOS ELECTROQU1MICOS EN EL FUNCIONAMIENTO DEL ESTOMA <ul style="list-style-type: none"> ◦ APERTURA: Se produce al aumentar la presi3n osm3tica en el interior de las c6lulas oclusivas. Entra K⁺ y Cl⁻, salen H⁺. Por lo tanto, el pH extracelular disminuye. Se hidroliza almid3n, lo que aumenta los az6cares osm3ticos, aumenta la presi3n osm3tica, y aumenta la turgencia. La apertura es favorecida por la luz. ◦ CIERRE: Se caracteriza por la salida de K⁺ y Cl⁻. El cierre se produce ante altas [] de CO₂, por la aridez y en la oscuridad. 	<p align="center">ESTOMA VISTO CON MICROSCOPIO ELECTR3NICO DE BARRIDO</p> 
<p align="center"><i>Diferenciaci3nes del tejido epid6rmico: los estomas (4)</i></p>	<p align="center"><i>Estoma visto al Microscopio Electr3nico de Barrido</i></p>
<p>ESTOMAS AL M.E.T.</p> <p>Estomas, con distintos ensanchamientos de la pared en las c6lulas oclusivas, vistos al Microscopio Electr3nico de Transmisi3n.</p> <p>Tomados del libro de Lebetter y Porter, 1970.</p> 	<p align="center">Diferenciaci3nes del Tejido Epid6rmico TRICOMA</p> <ul style="list-style-type: none"> • La palabra tricoma, que viene del griego, significa cabellera. Por tanto, el tricoma es el conjunto de pelos de una planta. • Son ap6ndices exclusivamente epid6rmicos, de forma, estructura y funciones muy variables. • Tama1o: $\left\{ \begin{array}{l} \text{longitud :de 30 a 1500}\mu. \\ \text{di1metro :de 2 a 3}\mu . \end{array} \right.$ • Pueden estar en cualquier 3rgano del cuerpo primario de una planta, pero sobre todo en las hojas • Funciones: de protecci3n, de defensa frente a ciertos insectos, de secreci3n de diversas sustancias y de absorci3n de H₂O
<p align="center"><i>Estomas al Microscopio Electr3nico de Transmisi3n</i></p>	<p align="center"><i>Diferenciaci3nes del tejido epid6rmico: Tricoma</i></p>

Tabla 6. Tricoma

<p align="center">TIPOS DE TRICOMA</p> <p>Pelos protectores :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Simples $\left\{ \begin{array}{l} \text{Unicelulares} \\ \text{Pluricelulares} \end{array} \right.$ - Escamiformes o Peltados $\left\{ \begin{array}{l} \text{Unicelulares} \\ \text{Pluricelulares} \end{array} \right.$ - Ramificados Pluricelulares siempre <p>Pelos secretores</p> <p>Unicelulares: en hojas y flores de Cannabis sativa (con alcaloides de efectos alucin3genos).</p> <p>Pluricelulares:</p> <ul style="list-style-type: none"> Secretores de sustancia enzim1ticas, en Droser1ceas (plantas carnivoras). Urticantes : segregan sustancias irritantes como ac.f3rmico, talaxina, histamina... Nectariferos: segregan az6cares (n6ctar), procedentes del floema, dentro del periantio floral o extraflorales. <p>Pelos radicales</p> <p>Unicelulares siempre. Con una gran vacu3la, gran n6cleo (general poliploide), y citoplasma parietal.</p>	<p align="center">Dibujos de pelos protectores</p> <p align="center">TRICOMA</p> <p>Long. = 30 μ - 1500 μ Di1metro = 2 μ - 3 μ</p> <p>A.- PELOS PROTECTORES</p> <ul style="list-style-type: none"> . Simples $\left\{ \begin{array}{l} \text{unicelulares} \\ \text{pluricelulares} \end{array} \right.$  . Escamiformes o Peltados $\left\{ \begin{array}{l} \text{unicelulares} \\ \text{pluricelulares} \end{array} \right.$  . Ramificados pluricelulares siempre 
<p align="center"><i>Tipos de tricoma</i></p>	<p align="center"><i>Dibujos de pelos protectores</i></p>

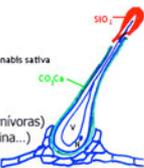
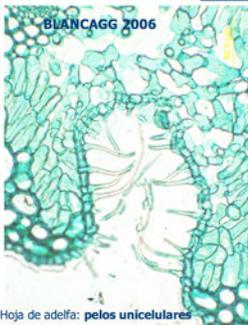
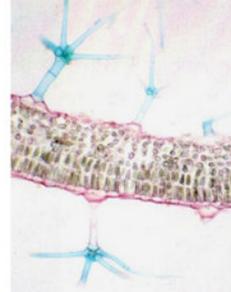
<p align="center">Dibujos de pelos glandulares y de pelos radicales</p> <p>B.- PELOS GLANDULARES</p> <p>Unicelulares : en hojas y flores de Cannabis sativa</p> <p>Pluricelulares</p> <ul style="list-style-type: none"> • Secretores en Droseráceas (plantas carnívoras) • Urticantes (ac.fórmico, talaxina, histamina...) • Nectaríferos (dentro del perianto floral)  <p>C.- PELOS RADICALES</p> <p>Unicelulares siempre</p> <p>Gran vacuola, gran núcleo (general' poliploide), citoplasma parietal</p> 	<p align="center">TRICOMAS PROTECTORES UNICELULARES al M.O.</p>  
<p align="center"><i>Dibujos de pelos glandulares y de pelos radicales</i></p>	<p align="center"><i>Tricomas protectores unicelulares</i></p>
<p align="center">TRICOMAS PROTECTORES PLURICELULARES, al M.O. (1)</p>  	<p align="center">TRICOMAS PROTECTORES PLURICELULARES, al M.O. (2)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Peli di Quercus ilex (Dicotiledoni). • Esemplio di pelli pluricellulari stellati http://www.dipbot.unict.it/tavole/tavola35/35c.html • Peli di Olee europea (Dicotiledoni). Peli pluricellulari pettato http://www.dipbot.unict.it/tavole/tavola35/35d.html  
<p align="center"><i>Tricomas protectores pluricelulares, al M.O. (1)</i></p>	<p align="center"><i>Tricomas protectores pluricelulares, al M.O. (2)</i></p>

Tabla 7. Tricoma (II)

<p align="center">TRICOMA PROTECTOR PLURICELULAR con Microscopio Electrónico de Scanning</p> 	<p align="center">TRICOMA SECRETOR DE ENZIMAS DIGESTIVOS EN DROSERA, antes de la captura, y al M.O.</p>  <p>Imagen tomada de http://www.botany.org/plantimages/ImageData.asp?IDN=08-057h</p>
<p align="center"><i>Tricoma protector pluricelular, con M. E. de Scanning</i></p>	<p align="center"><i>Tricoma secretor de enzimas digestivos en Drosera</i></p>

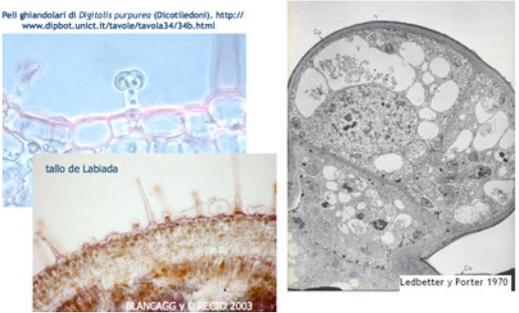
<p>TRICOMAS GLANDULARES, al M.O. y al M.E.</p> <p>Peli glandolari di <i>Digitalis purpurea</i> (Dicotiledoni). http://www.dipbot.unict.it/tavole/tavola34/34b.html</p>  <p>tallo de Labiada</p> <p>BLANCAGG y C.RECIO 2003</p> <p>Ledbetter y Porter 1970</p>	<p>PELO PROTECTOR RAMIFICADO y PELO SECRETOR ESFÉRICO</p> <p>de tallo y hojas de <i>Lavandula</i>, al M.E.B. tomados de</p> <p>http://www.denniskunkel.com/product_info.php?products_id=9542</p>  <p>Copyright © 2006 Dennis Kunkel Microscopy, Inc.</p>
<p><i>Tricomas glandulares, al M.O. y al M.E. de Transmisión</i></p>	<p><i>Pelo protector ramificado y pelo secretor esférico, con M.E.B</i></p>
<p>PELO PLURICELULAR SECRETOR</p> <p>con sustancias alucinógenas en hojas de <i>Salvia divinorum</i>, al M.E.B.</p> <p>tomado de http://www.denniskunkel.com/product_info.php?products_id=1353</p>  <p>Copyright © 2004 Dennis Kunkel Microscopy, Inc.</p>	<p>TRICOMAS GLANDULARES, al M.O.</p>  <p>BLANCAGG y C.RECIO 2003</p> <p>La base del pelo es pluricelular, y sobre ella se asienta la porción secretora que es unicelular.</p> <p>Esta última célula tiene forma de matraz con cuello muy largo. El extremo acaba en una pequeñísima cabeza. La pared celular está impregnada de CO_3Ca, salvo su extremo distal, que lo está de SiO_2.</p> <p>En el interior hay una vacuola con gran presión de turgencia y que contiene sustancias tóxicas : ácido fórmico, talaxina, histamina...</p> <p>Cuando el pelo se descabeza por el rozamiento de un animal, p.e., se fractura por la zona de contacto de los dos minerales, (que tiene una forma de bisel). Se rompe la vacuola, mientras el bisel pincha al animal y se inyecta el contenido venenoso de la vacuola.</p> <p>Tricoma glandular: pelos urticantes del tallo de ortiga (<i>Urtica dioica</i>)</p>
<p><i>Pelo pluricelular secretor, con M.E.B.</i></p>	<p><i>Tricomas glandulares, al M.O.</i></p>

Tabla 8. Tricoma y células buliformes

<p>TRICOMAS GLANDULARES con M.E.B.</p> <p>Arriba, Imagen de pelos urticantes de <i>Urtica incisa</i>.</p> <p>La base de cada pelo es pluricelular. Sobre la base se asienta la porción secretora unicelular, con una pared gruesa, que se afila hacia el extremo, para terminar en una pequeña punta globular o cabeza.</p>  <p>pelos en Urtica</p> <p>J.H.TROUGHTON y F.B.SAMPSON 1973</p> <p>extremo pelo en Urtica</p> <p>La toxicidad es muy variable de unas especies a otras, e incluso de una estación y año a otro. En Nueva Zelanda, <i>Urtica ferox</i> puede llegar a matar un caballo.</p> <p>El veneno produce parálisis del S.N.C. y, en los casos severos, ceguera, inconsciencia y muerte.</p>	<p>TRICOMA ABSORBENTE en la raíz</p>  <p>BLANCAGG y C.RECIO 2003</p> <p>Pelos absorbentes de la raíz de <i>Haecquetia epipactis</i></p>
<p><i>Tricomas glandulares con M.E.B.</i></p>	<p><i>Tricoma absorbente</i></p>

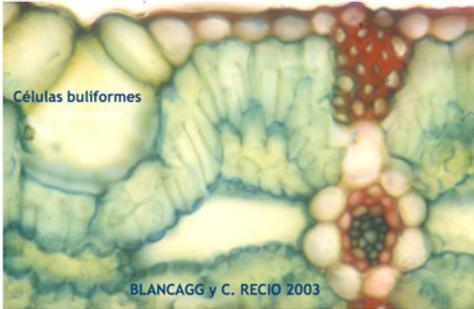
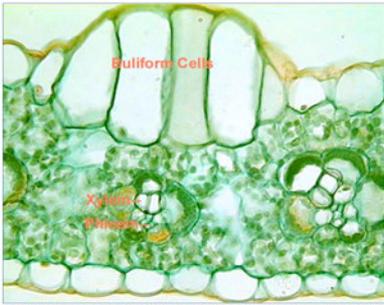
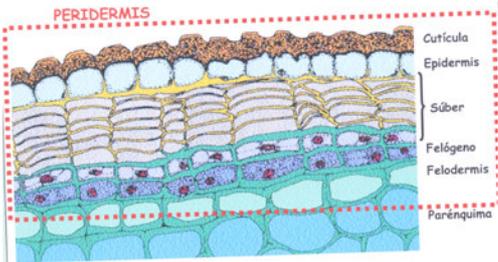
<p>Diferenciaciones del tejido epidérmico : CÉLULAS BULIFORMES</p> <ul style="list-style-type: none"> • Están en hojas de gramíneas y en otras monocotiledóneas • Se sitúan en las depresiones que se originan en las áreas intervenosas, formando bandas paralelas a los nervios • En cortes transversales de hojas, aparecen en grupos de 5 ó 7 células muy grandes (células en burbuja) y sin cloroplastos. Tienen pared delgada con cutícula. • Presentan una gran vacuola con abundante agua • Función: parecen ser responsables de los movimientos de enrollamiento y desenrollamiento de las hojas, condicionados por la pérdida y por la absorción de H₂O . 	<p>CÉLULAS BULIFORMES en epidermis del haz, de la hoja de Bambusa multiplex</p>  <p>Células buliformes</p> <p>BLANCAGG y C. RECIO 2003</p>
<p><i>Diferenciaciones del tejido epidérmico: Células Buliformes</i></p>	<p><i>Células Buliformes.</i></p>
<p>CÉLULAS BULIFORMES en Zea mays</p>  <p>Buliform Cells</p> <p>Xylem</p> <p>Phloem</p> <p>Imagen tomada de http://www.lima.ohio-state.edu/academics/biology/images/zealeaf3.jpg</p>	<p>PERIDERMIS: Características generales</p> <ul style="list-style-type: none"> • La Peridermis es una formación protectora del cuerpo secundario de las plantas. • Sustituye a la epidermis en las partes del vegetal con más de un año: tallos y raíces secundarios. • No existe normalmente en hojas, flores, frutos y semillas, por ser órganos anuales. • Se origina por el Felógeno, desde células hipodérmicas, que dejan la epidermis exterior a dicha peridermis. Posteriormente la epidermis se desprende. • El felógeno se divide periclinalmente. Forma células hacia fuera (tejido suberoso) y células hacia dentro (felodermis). Es mucho mayor la cantidad de células que se forman hacia fuera del felógeno, que las que se forman hacia dentro.
<p><i>Células Buliformes en Zea mays</i></p>	<p><i>Peridermis</i></p>

Tabla 9. Peridermis y tejido suberoso

<p>PERIDERMIS</p>  <p>Cutícula</p> <p>Epidermis</p> <p>Súber</p> <p>Felógeno</p> <p>Felodermis</p> <p>Parénquima</p> <p>Dibujo tomado de http://www.euita.upv.es/varios/biologia/programa.htm</p>	<p>MITOSIS DEL FELÓGENO</p> <p>Actividad del Felógeno</p>  <p>EXTERIOR</p> <p>INTERIOR</p> <p>SÚBER</p> <p>FELÓGENO</p> <p>FELODERMIS</p> <p>Dibujo tomado de http://www.euita.upv.es/varios/biologia/programa.htm</p>
<p><i>Peridermis</i></p>	<p><i>Mitosis del felógeno</i></p>

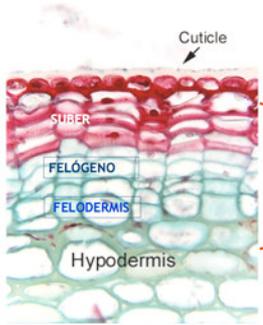
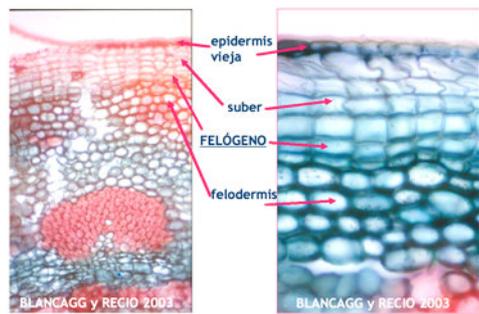
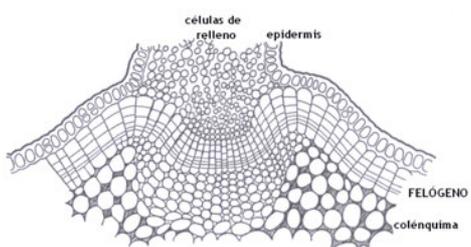
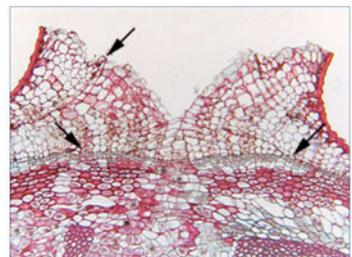
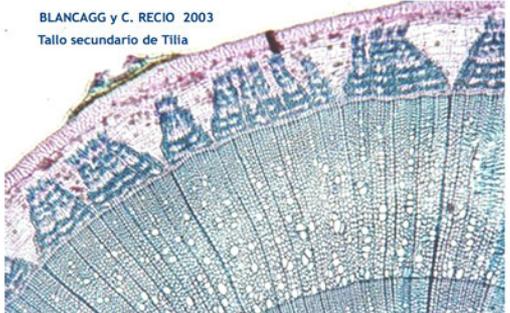
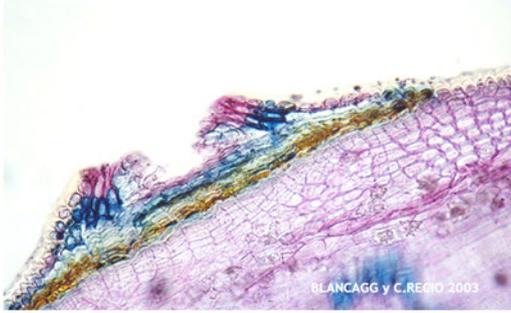
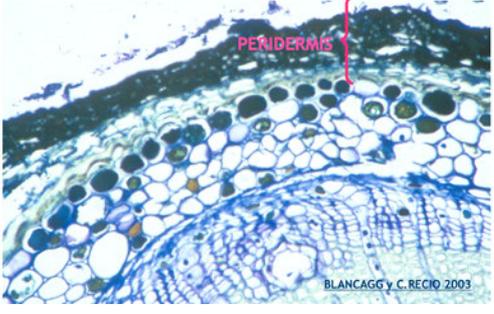
<p style="text-align: center;">PERIDERMIS</p>  <p>La Peridermis es la formación que aparece entre la epidermis y la hipodermis, al iniciarse el crecimiento secundario.</p> <p>El Felógeno es el meristemo formador de la Peridermis.</p> <p>La Peridermis está constituida por el suber, el felógeno y la felodermis.</p> <p>Imagen modificada de Hedera helix, tomada de Mauseth en http://www.sbs.utexas.edu/mauseth/web/lab/webchap17bark/17.2-1.htm</p>	<p style="text-align: center;">PERIDERMIS: suber, felógeno y felodermis en tallo secundario de <i>Platanus</i>, bajo la vieja epidermis</p>  <p>epidermis vieja suber FELÓGENO felodermis</p> <p>BLANCAGG y REGIO 2003</p>
<i>Peridermis</i>	<i>Peridermis: suber, felógeno y felodermis</i>
<p style="text-align: center;">TEJIDO SUBEROSO (1)</p> <ul style="list-style-type: none"> • El tejido suberoso es la zona más externa de la Peridermis. • Está formado por varios estratos de células rectangulares, que derivan del felógeno subepidérmico. • No tiene meatos • Las células, inicialmente vivas, se diferencian suberificando la pared celular primaria y acaban muriendo : son impermeables • La suberina es una red polifenólica, a la que se unen ácidos e hidroxiácidos, formando un políester altamente hidrofóbico. • Frecuentemente se depositan también taninos (imputrescibles), y , a veces, ceras y ligninas. • Entre las células muertas pueden quedar células aisladas vivas, llamadas feloides. 	<p style="text-align: center;">TEJIDO SUBEROSO (2) LAS LENTICELAS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Son prominencias del suber, con gran laxitud en el empaquetamiento celular. • Son partes de la Peridermis, formadas por un tejido flojo que tiene muchos espacios intercelulares. • La primera peridermis forma sus lenticelas bajo los estomas de la epidermis • Las células se redondean y dejan espacios intercelulares importantes, en conexión con los de los tejidos próximos, sirviendo para el intercambio de gases de la planta con el exterior.
<i>Tejido suberoso: características generales</i>	<i>Tejido suberoso: las lenticelas</i>

Tabla 10. Lenticelas. Peridermis radicular. Felógeno.

<p style="text-align: center;">ESQUEMA DE UNA LENTICELA</p>  <p>Fig. 68. Lenticela del tallo de <i>Phytolacca</i>. e = epidermis, fe = felógeno, c = colénquima, c. r. = células de relleno de forma redonda dejando grandes espacios intercelulares entre sí.</p> <p>Esquema tomado de I. Roth , 1976 (modificado)</p>	<p style="text-align: center;">LENTICELA</p>  <p>Lenticela en tallo de <i>Aristolochia sp.</i></p> <p>Imagen tomada de Mauseth http://www.sbs.utexas.edu/mauseth/web/lab/webchap17bark/17.3-2.htm</p>
<i>Esquema de una lenticela</i>	<i>Lenticela</i>

<p>TEJIDO SUBEROSO con LENTICELA</p> <p>BLANCAGG y C. RECIO 2003 Tallo secundario de <i>Tilia</i></p> 	<p>LENTICELA en tallo secundario de <i>Tilia sp.</i></p> 
<p><i>Tejido suberoso con una lenticela</i></p>	<p><i>Lenticela en tallo secundario de Tilia sp.</i></p>
<p>PERIDERMIS RADICULAR en raíz secundaria de cedro (<i>Cedrus</i>)</p> 	<p>FELÓGENO</p> <ul style="list-style-type: none"> • Felógeno, palabra derivada del griego felo (corcho) y geno (producir). • Es un meristemo lateral secundario, formado por desdiferenciación de células parenquimáticas o colenquimáticas corticales o de células epidérmicas • Las células meristemáticas son, tanto en sección transversal como longitudinal, de forma rectangular • Formado por una capa de células iniciales meristemáticas, que se dividen indefinidamente, originando células derivadas (hacia dentro y hacia fuera). • Las mitosis mayoritariamente son periclinales. • Las células derivadas hacia dentro se diferencian como parénquima (felodermis). • Las células derivadas hacia fuera se diferencian como tejido suberoso. • En ocasiones, también puede haber mitosis anticlinales.
<p><i>Peridermis radicular</i></p>	<p><i>Felógeno</i></p>

El archivo elaborado para los Tejidos Protectores de las Cormofitas (mostrado brevemente en estas 10 Láminas) tiene una aplicación que se extiende desde las clases presenciales, impartidas por el profesor, hasta las horas más personales de estudio y, por tanto, a toda la dimensión de los futuros créditos europeos, contemplados en el Espacio Europeo de Educación Superior. Gracias a este recurso, los estudiantes consiguen un ritmo de interiorización, de esta materia, mucho más personal que el alcanzado con los métodos tradicionales de enseñanza-aprendizaje. Los alumnos pueden prolongar privadamente su tiempo de estudio, todo lo personalmente necesario en cada caso, con los mismos materiales que el profesor ha utilizado en las enseñanza presencial.

4. Conclusiones

Los Tejidos Protectores ofrecidos como archivo, en formato PDF, pueden cargarse en la web del Campus Virtual de la UCM. Su publicación on-line “democratiza” el conocimiento y el autoaprendizaje.

Las principales ventajas de este trabajo se resumen en:

- Es un material de apoyo para el profesor, en su docencia teórica
- Los estudiantes disponen, para su estudio particular, de idéntico material docente que el empleado por su profesor en la clase presencial;
- Todos los alumnos simultáneamente, pueden acceder al mismo material, sin esperar a préstamos bibliotecarios, siempre restringidos;
- La disponibilidad temporal para cada estudiante es ilimitada;
- Se pueden ampliar los conocimientos con la bibliografía presentada y un listado de webs

con recursos similares,

- Los listados representan unas guías dinámicas, al poderse fácilmente añadir o quitar recursos, según el profesor lo considere conveniente en cada nuevo curso académico.

5. Bibliografía y recursos web

ESAÚ K. *Anatomy of seed plants*. New York :John Wiley and Sons, 1977.

EVERT R.F. *Esau's Plant Anatomy*. Hoboken. New Jersey: Wiley-Interscience, 2006.

FERRER J.R. *Las células de los tejidos vegetales*. Barcelona: Vedral, 1997.

GONZÁLEZ GALLO B. *Nociones preliminares para prácticas de Histología*. Madrid: Editorial Complutense, 1993.

GONZÁLEZ GALLO B.; RECIO C. *Histología animal y vegetal*. CD-ROM. 2ª Ed. Madrid: Editorial Complutense, 2007.

LEDBETTER M.C.; PORTER K.R. *Introduction to the fine structure of plant cells*. Berlin: Springer-Verlag, 1970.

MAUSETH J.D. *Plant Anatomy*. Menlo Park, California, USA: The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc., 1988.

ENLACES DE INTERÉS (consultados en en julio de 2008)

<http://atlasveg.ib.usp.br>:

<http://www.biologie.uni-hamburg.de/b-online/e00/default.htm>

<http://www.esb.utexas.edu/mausethe/web/lab/>

<http://botweb.uwsp.edu/anatomy/>

<http://www.kensbiorefs.com/pltphys.html>

<http://www.lima.ohio-state.edu/academics/biology/archive/celltype.html>

<http://www.botany.hawaii.edu/faculty/webb/BOT201/Angiosperm/MagnoliophytaLab99/MagnoliosidaLab.htm>

<http://images.botany.org/index.html#license>