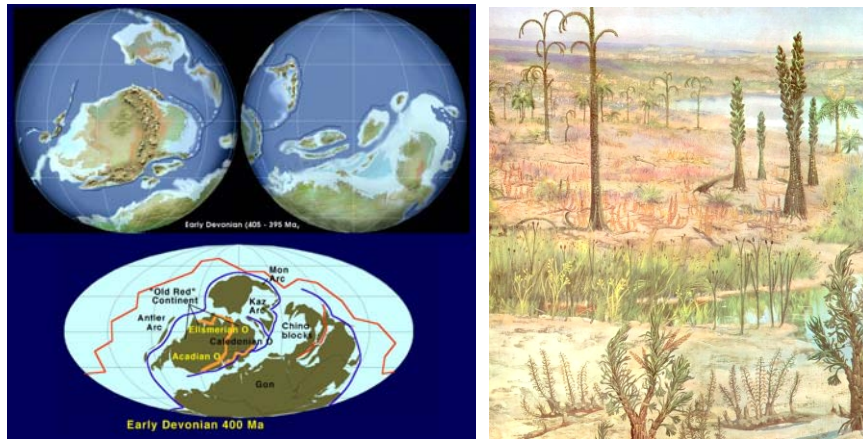


Las plantas terrestres: embriófitos

Ir a PPT

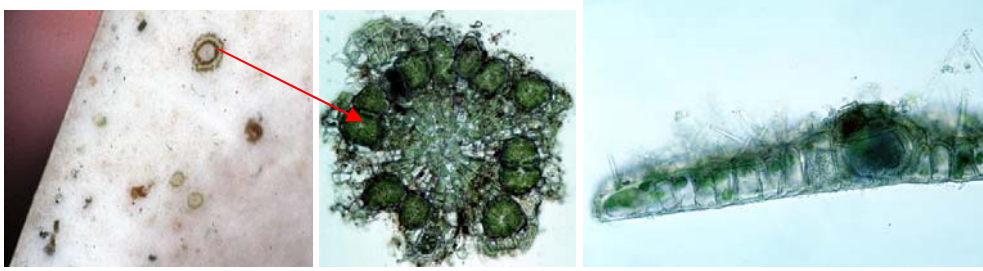
Un paso fundamental en la diversificación de los seres vivos fue la aparición de organismos capaces de vivir en el medio terrestre. Los vegetales que hemos visto hasta el momento (las algas) se diversificaron progresivamente a lo largo de las eras geológicas, aunque aun hoy siguen ligadas principalmente a su medio original: el agua. El registro fósil del periodo Silúrico-Devónico inferior muestra un cambio significativo en el tipo de organismos que vivían en ese tiempo: aparecen organismos con nuevas características, semejantes a las que hoy presentan las plantas que cubren la superficie terrestre. La colonización del medio terrestre por las plantas (hace al menos 450 millones de años), y su posterior diversificación, modificó el medio ambiente terrestre y jugó un papel fundamental en el establecimiento de los ecosistemas modernos terrestres.



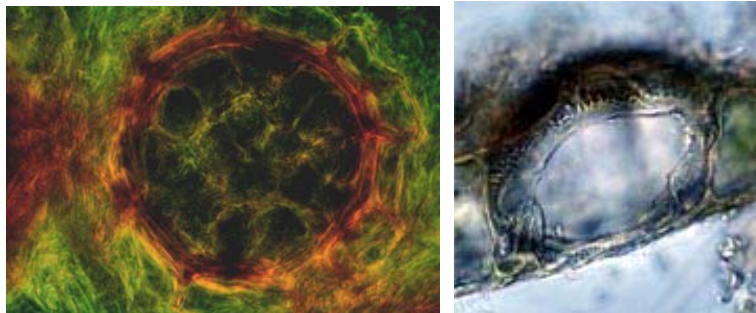
Izquierda: aspecto de la Tierra a comienzos del período geológico Devónico (esquema paleogeográfico). Derecha, aspecto de la vegetación durante el mismo período.

El medio terrestre presenta graves dificultades para que los organismos puedan sobrevivir: básicamente es seco. La atmósfera con la que están en contacto los organismos es deficitaria en agua y tiene muy bajas concentraciones de CO₂ (apenas unos cientos de partes por millón). Las algas obtienen con facilidad del agua que las rodea los nutrientes que necesitan, no se desecan, y no requieren fuertes estructuras para mantenerse relativamente erguidas. Al mismo tiempo, este medio les permite, con relativa facilidad, recibir la luz solar necesaria para la fotosíntesis. Sin embargo un vegetal que viva en el medio terrestre tiene que desarrollar mecanismos que eviten que su cuerpo se desequie y necesita estructuras especializadas para tomar los nutrientes (agua y minerales) del suelo y distribuirlos por todo su organismo. Además está sometido a mayores variaciones de temperatura y a una mayor exposición a la radiación ultravioleta.

Los antepasados de las plantas terrestres debieron vivir en ambientes de aguas someras, en la transición entre el mundo acuático y terrestre. Allí podrían haber sobrevivido soportando variaciones del nivel de las aguas, para lo que habrían desarrollado estructuras que protegían el cigoto en desarrollo. Algunas de estas características las presentan algas verdes charofíceas actuales como *Coleochaete*.



Izquierda: *Coleochaete orbicularis*, creciendo sobre la quilla de un bote (izquierda). El anillo concéntrico corresponde a la posición de los cigotos. Centro: talo completo, unos 2 mm de diámetro. Derecha: sección transversal del talo cortando un cigoto. (Fotografías de Charles Delwiche).



Zigoto de *Coloechaete* protegido por una capa de células (izquierda) y sección mostrando la pared celular con invaginaciones (*placental transfer cell wall ingrowths*).

Sin embargo para que una planta pueda considerarse ‘terrestre’, no sólo tiene que estar adaptada a vivir en este medio, también tiene que ser capaz de reproducirse en ese entorno. *Coleochaete* y organismos semejantes no son capaces de completar su ciclo vital ni reproducirse en contacto continuo con la atmósfera.

En clases anteriores (algas verdes) vimos los rasgos comunes que presentan las charofíceas actuales y las plantas terrestres. De forma resumida, ambos grupos tienen caracteres homólogos en cuanto a los pigmentos fotosintéticos y la organización del cloroplasto, la estructura y composición de la pared celular, los mecanismos de la mitosis y citokinesis, la ultraestructura del aparato flagelar, algunas rutas bioquímicas peculiares y grandes semejanzas en determinadas secuencias del DNA.

Estas homologías apoyan la hipótesis de que un grupo de algas verdes se diversificó en las actuales Coleochaetales y en otro nuevo grupo de organismos (las primeras plantas terrestres). Es decir Coleochaetales y las plantas terrestres actuales comparten un antepasado común.

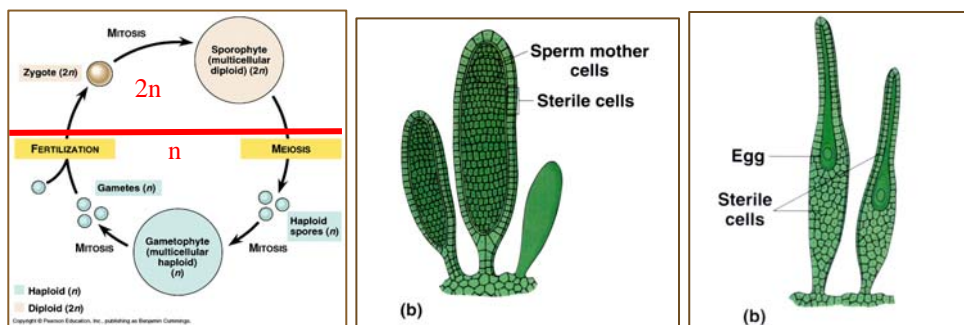
Las plantas terrestres presentan una serie de características en sus estructuras vegetativas que les permiten vivir fuera del agua:

- Sistemas de sujeción al suelo y de toma de agua y minerales disueltos
- Superficies fotosintéticas amplias, que les permitan captar la luz
- Sistemas de conducción de compuestos de unas partes a otras de la planta
- Impermeabilización de la superficie para evitar pérdidas de agua
- Aperturas en las superficies para permitir el intercambio gaseoso

- Partes especializadas (e.g. para mantenerse erguidas)

Sus estructuras reproductoras también están adaptadas a este medio seco y presentan caracteres comunes:

- Todas presentan ciclos digenéticos con alternancia de dos fases heteromórficas (de distinta forma), una haploide (gametofito) y otra diploide (esporofito)
- Los gametangios (anteridios y arquegonios) tienen una cubierta de células estériles protectoras
- Todas son oógamas
- El cigoto queda unido, nutrido y protegido por el gametofito (dentro del arquegonio)
- El cigoto comienza a dividirse por mitosis dando un embrión pluricelular aún unido, nutrido y protegido por la planta madre. El embrión es la primera fase de desarrollo del esporofito, y es característico de todas las plantas terrestres. El término embriófitos es sinónimo de plantas terrestres.
- Tienen esporas con pared celular cubierta de esporopolenina, una sustancia muy resistente que evita la desecación de la célula

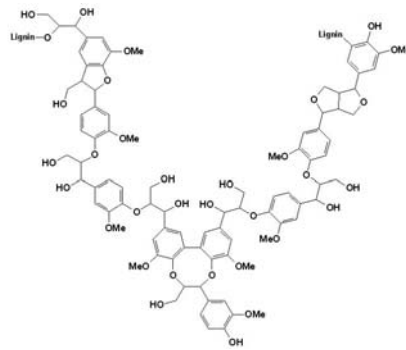


Izquierda: ciclo esquemático de las plantas terrestres (izquierda). Centro: gametangio masculino (anteridio) con cubierta de células estériles (centro). Derecha: gametangio femenino (arquegonio) también con paredes de células estériles que protegen el gameto femenino (ovocélula).

La colonización del medio terrestre también involucró numerosas adaptaciones fisiológicas y bioquímicas, relacionadas por ejemplo con la producción de compuestos fenólicos como la lignina que proporcionan rigidez a la planta, resistencia frente a la degradación y protección frente a la radiación UV. También se tuvieron que establecer rutas metabólicas para producir hormonas vegetales, enzimas relacionadas con la protección frente a la oxidación, proteínas producidas en respuestas a los choques de calor, etc.

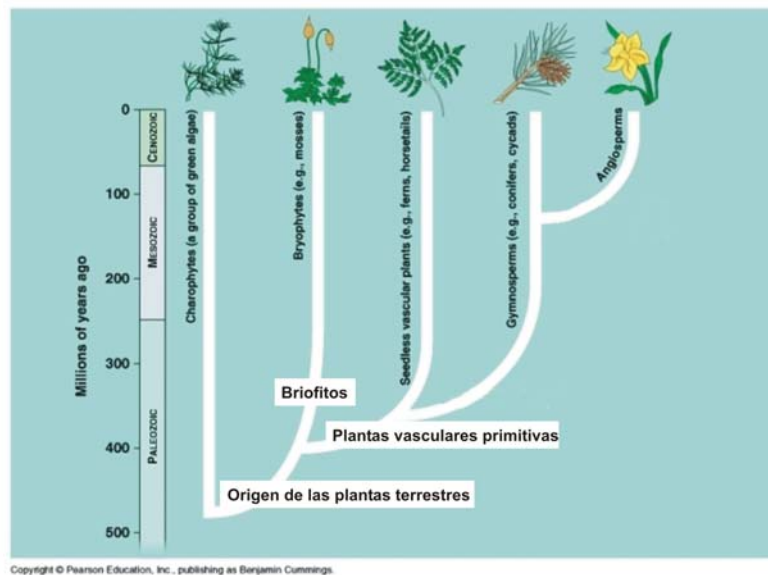
En *Coleochaete* ya se forman algunos de estos compuestos. Por ejemplo *Coleochaete* tiene en la pared celular compuestos semejantes a la **lignina** y la pared del cigoto está reforzada con **esporopolenina** (el mismo material que forma la pared de los granos de polen en las plantas con semillas).

La lignina juega un papel crucial en la conducción de agua en las plantas vasculares. Además es un compuesto difícil de degradar y constituye una barrera física contra los patógenos que intenten infectar la planta. Desde nuestro punto de vista, la lignina es lo que proporciona dureza a las plantas vasculares, lo que nos permite utilizar la madera para múltiples usos.



Estructura de una pequeña parte de un polímero de lignina

Las plantas terrestres (embriófitos) se separaron muy tempranamente en dos grandes líneas evolutivas: los briófitos (no vasculares) y las plantas vasculares. Estos dos grupos adoptaron diferentes estrategias para enfrentarse a la falta de agua. Los briófitos son poiquilohidros, es decir, toleran grandes fluctuaciones en la disponibilidad de agua. Si el ambiente es muy seco se deshidratan sin sufrir grandes daños, y detienen prácticamente su metabolismo. Cuando las condiciones son favorables, captan rápidamente el agua y reviven. Las plantas vasculares por el contrario son homeohidras (regulan su grado de humedad interna). Para ello han desarrollado numerosos mecanismos para evitar la pérdida de agua (cutículas, estomas regulables), sistemas que les permiten tomar activamente agua del suelo (raíces), y transportar el agua y los productos de la fotosíntesis a todo el cuerpo del vegetal (tallos con sistema vascular reforzado con lignina).



Las plantas terrestres (embriófitos) se separaron muy tempranamente en dos grandes líneas evolutivas: los briófitos (no vasculares) y las plantas vasculares

Estas dos líneas de evolución, a pesar de compartir muchos caracteres comunes en sus estructuras reproductoras, también presentan importantes diferencias. En los Briófitos, la generación dominante y más duradera es el gametofito. Por el contrario, en las plantas vasculares, la generación dominante y más duradera es el esporofito. Los grupos

actuales de plantas vasculares son los pteridófitos, las gimnospermas y las angiospermas.



Pteridófitos (izquierda), gimnospermas (centro) y angiospermas (derecha) son los grupos actuales de plantas vasculares

Las plantas vasculares son las que han tenido mayor éxito evolutivo en el medio terrestre, son las que más se han diversificado y las que ocupan más nichos ecológicos. Esto ha sido así gracias a los avances evolutivos que aparecieron posteriormente: el desarrollo de la semilla y de las flores.

En las plantas vasculares con semillas, el esporofito sigue siendo dominante e independiente, pero el gametofito se reduce mucho y pasa a vivir unido y protegido por el esporofito dentro de una estructura denominada óvulo (= primordio seminal). El embrión que se forma tras la fecundación, también queda protegido por estructuras del esporofito, concretamente por la semilla (el óvulo fecundado y maduro).

En las plantas con flores (Angiospermas), la protección del gametofito femenino es aún mayor. El óvulo está dentro de una nueva estructura de protección (el ovario constituido por carpelos). Una vez formado el embrión, el óvulo se transforma en semilla. La semilla queda a su vez protegida dentro del ovario, que se transforma en fruto. La relación entre los vegetales y los animales cambió radicalmente cuando aparecieron las flores: las Angiospermas se diversificaron rápidamente, entre otras cosas, gracias a la polinización por los animales, con los que co-evolucionaron.

Referencias

- Lewis, L.A. and R.M. McCourt . 2004. Green algae and the origin of land plants. *American Journal of Botany* 91(10): 1535–1556.
- Niklas, K.J. 1997. *The Evolutionary Biology of Plants*, Capítulo 14. The invasion of land and air. Chicago University Press.
- Waters, E.R. 2003. Molecular adaptación and the origin of land plants. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 29: 456-463.