

## BOTÁNICA

### 1 – LOS VEGETALES EN EL CONTEXTO DE LA BIOLOGÍA.

#### TEMA I: LOS VEGETALES EN EL CONTEXTO DE LOS REINOS DE ORGANISMOS.

En los límites de la biosfera se localizan todos los seres vivos y todos sus productos. Tenemos una capa de atmósfera y aproximadamente 10 Km de hidrosfera, esta es la situación de la biosfera actual. Nuestro planeta tiene 4500–4700 millones de años (m.a.) en donde originariamente una masa gaseosa se fue condensando, y a medida que descendía la temperatura se fueron solidificando y sedimentando los átomos y las moléculas que originalmente había. Los elementos más pesados se fueron al centro (Ni, Fe), los de densidad media se situaron por encima (Se, Al) y los menos densos se colocaron en las posiciones exteriores (C, H, O, N). En un principio las altas temperaturas descomponían muchas de las moléculas que se formaban pero al enfriarse el planeta (eliminación de energía en forma de infrarrojos) se consiguió formar una atmósfera en la que dominaban las moléculas de amoníaco, metano y agua, se forma pues una atmósfera reductora que es la atmósfera primitiva; para que tuviera lugar la vida hubieron de concurrir una serie de circunstancias así como la existencia de grandes cantidades de átomos de C que es un elemento con peso atómico pequeño y situado en la superficie además posee la capacidad de ligarse consigo mismo, y es por ello por lo que la vida se basa en la química del carbono; por otra parte también existe una gran cantidad de una molécula peculiar como lo es el agua y que cuenta con unas propiedades anómalas y que la hacen imprescindible:

	P.E.	P.F.
$H_2O$	100	0
$H_2S$	-61.8	-82.9
$H_2Se$	-42	-64
$H_2Te$	-4	-31

Con las propiedades normales su punto de ebullición estaría alrededor de los -80 y el punto de fusión alrededor de los -100 y en estas condiciones sería imposible la vida pues toda el agua estaría en forma gaseosa. En las actuales condiciones de temperatura el agua es líquida. Además el agua tiene un calor específico muy elevado, y sólo el Li y el  $H_2Li$

en determinadas condiciones le superan, esta característica supone que el agua necesita mucho calor para variar su temperatura y tendrá un papel termorregulador del planeta. Aproximadamente las dos terceras partes de la superficie de nuestro planeta están ocupadas por agua, por lo que el nombre Tierra no es el mas acertado pues le quedaría mejor el de Mar. Gracias a esta gran cantidad de agua aparece la vida dándose un proceso de diferentes reacciones químicas comprobadas en la actualidad. En un principio hay una gran cantidad de moléculas en las que incide una gran cantidad de energía, las moléculas se deshacen y se recomponen dando gran diversidad de compuestos complejos como hidrocarburos, proteínas... este proceso químico está facilitado por las condiciones iniciales de nuestro planeta y aparece la primera célula, el primer organismo. Este organismo apareció dentro del agua y así se mantuvo durante mucho tiempo. Esta célula era de características más bien heterótrofas y hubo que esperar a la aparición de un producto como la clorofila que era capaz de tomar energía luminosa y transformarla en energía química, de modo que la clorofila implicó una gran revolución. Las primeras clorofilas serían del tipo bacterioclorofila en las que no existe el desprendimiento de oxígeno lo que implica un proceso de captura externa, con el tiempo apareció la auténtica clorofila lo que implicó el desprendimiento de oxígeno. Así sucedió durante unos cuantos miles de millones de años en donde el oxígeno inicial estaba en el agua y poco a poco pasaba a la atmósfera combinándose con todo lo que

encontraba, el ambiente terrestre cambió produciéndose la oxidación del hierro, se siguió produciendo oxígeno hasta el punto de que el oxígeno libre se combinara con todos los gases atmosféricos desapareciendo el metano y el amoníaco, por lo tanto la atmósfera reductora pasó a ser oxidante. Con la aparición de esta nueva atmósfera aparecieron organismos que respiraban oxígeno. Este oxígeno también se combinaba consigo mismo formando ozono, la formación de la capa de ozono protegió a la superficie terrestre de las radiaciones ultravioletas procedentes del Sol. Al formarse la cubierta de protectora los organismos pudieron colonizar la tierra emergida hace aproximadamente unos 400 m.a. El ambiente terrestre tenía una mayor cantidad de energía útil que el océano y los organismos autótrofos formaron grandes estructuras y también proliferaron los organismos que se alimentaban de esos autótrofos y esta es la situación en la que nos encontramos en la actualidad donde tenemos una gran diversificación de organismos que tenemos que clasificar.

Clásicamente a los organismos se les ha dividido en seres autótrofos y seres heterótrofos, pero en la actualidad se ha abandonado esa terminología y se atiende más a la organización. Los organismos se dividen en 5 reinos donde el más sencillo y primitivo es el reino de los moneras cuyos representantes más característicos son las bacterias y las cianobacterias o cianofíceas que son autótrofas. Estos organismos son de organización procariota, carecen de orgánulos y son de tamaño muy pequeño. El siguiente reino es el formado por los protoctistas que forman un conjunto grande de organismos heterótrofos y autótrofos cuyas células ya poseen orgánulos por lo que son eucariotas. A partir de estos se organizan los vegetales, animales y hongos que completan la división en reinos.

### Moneras:

Muchos de los moneras tienen codificadas defensas para las condiciones iniciales del planeta. Cuando las condiciones lo permitieron el organismo procariótico pasó a ser eucariótico y estos ya no tienen codificadas las defensas para las condiciones iniciales. En la naturaleza se sigue la ley del mínimo.

Las cianobacterias (cianofíceas) son organismos autótrofos que desprenden oxígeno y que tienen una organización procariota.

### Protoctistas:

Aquí nos encontramos con las algas que, son autótrofas. Las hay unicelulares y las hay pluricelulares, las algas viven en el agua o muy relacionadas con ella y al ser la vida en el agua muy estable los organismos que viven en su seno no han necesitado evolucionar mucho y presentan una morfología sencilla, no forman tejidos debido a que estos seres viven en un medio muy homogéneo.

### Vegetales:

Se agrupan en este reino todos los vegetales que se organizan en ambientes terrestres y que han tenido que resolver una multitud de problemas creando los tejidos, necesitando de fuertes estructuras. El paso de la vida marina a la terrestre no es irreversible, las plantas al salir al ambiente terrestre complicaron su estructura pero al volver de nuevo a un ambiente marino esta estructura se vuelve a simplificar. Todo se basa en la colonización de nuevos nichos.

### Hongos:

Son todos heterótrofos y son los responsables del reciclaje de la materia. Viven en el interior de la tierra o de algún huésped, únicamente sacan al exterior su estructura reproductora ya que el hongo desenterrado se deshidrata.

La botánica estudia en parte a cuatro de estos reinos actuales. La palabra botánica proviene del griego

y significa tratado de hierbas, este no es un término acertado ya que sería más adecuada la denominación de fitología.

**Papel de los vegetales en la biosfera.**

Los vegetales son la puerta de entrada de energía en la biosfera. Captan la energía que proviene del Sol y la transforman en productos que pueden ser utilizados por el resto de organismos. Se necesita una entrada constante de energía para los organismos que la toman ¿?. Existen muchos vegetales que no son autótrofos aunque la mayoría si lo son.

Son disciplinas de la botánica la genética, la bioquímica, la fisiología, etc.

**2. – ORGANIZACIÓN.**

### **TEMA II: PROCARIOTAS Y EUCARIOTAS.**

El nivel más sencillo de organización celular es el organismo unicelular aislado y el más complejo es la estructura morfológica compleja o los grandes vegetales con distintos tipos de células especializadas en diferentes funciones (organismos con numerosos tejidos). Entre estos extremos se pueden establecer una serie de escalones que no tienen una frontera definida pudiéndonos encontrar algún organismo intermedio, a pesar de ello establecemos los siguientes escalones: *Prototipos*, *talófitos*, *Briófitos* (*Protocormófitos*) y *Cormófitos*.

Se tienen dos tipos generales de células las procariotes, que son más primitivas, y las eucariotes. Se diferencian de muchas maneras y alguna de estas son que los procariotes son más pequeños que los eucariotes, no tienen núcleo ni mitocondrias ni plastos, mientras que los eucariotes si que los poseen. Se destacan estos tres orgánulos debido a que los tres tienen DNA.

**Niveles de organización.**

#### **Prototipos:**

Los organismos procarióticos sólo han conseguido la organización protofítica. Podemos encontrar los siguientes estados:

**Estado cocal:** es el más sencillo y que consta de una o muy pocas células se da el estado unicelular aislado. En ocasiones puede haber parejas de células y poco más.

**Estado capsal:** implica que las células tras la división no se separan y forman una colonia. Existe una sustancia que mantiene a esas células hijas unidas. Este no es un estado pluricelular sino que es una colonia o agregado en donde las células son prácticamente independientes con pocas o muy pocas relaciones de vecindad. Si la colonia se rompe no pasa nada. Estos estados son poco consistentes y fácilmente disgregables. Se forma una especie de caja irregular que si se organiza un poco más forma un cenobio que puede ser plano si las células se sitúan en un plano ordenadamente, o cúbico cuando las células se establecen ordenadamente en el espacio.

**Estado trical o filamentoso:** las células se dividen siempre en la misma dirección formando un filamento, estos filamentos en ocasiones segregan sustancias de manera que se forma una envoltura, el estado trical es más consistente y los filamentos pueden ser más largos. Puede suceder que lateralmente la vaina sufra un desgaste, una rotura entonces el contenido tiende a salir y continúa su división ahora con aspecto ramificado, se dice que se ha dado una falsa ramificación. También puede darse el caso de que las células se dividen buscando otro plano existiendo entonces otros filamentos que se consideran

ramificaciones ya que no ha habido rotura.

Un cenobio plano podría originarse a partir de un estado trical filamentosos. El estado trical monoseriado es la existencia de una única fila y también existen los estados tricales pluriseriados. En este último estado, las células periféricas pueden tender a especializarse tomando una función más protectora hablándose entonces del estado trical pluriseriado y corticado.

La estructura se puede complicar tanto que algunos autores piensan que se puede establecer algún tipo de vecindad siendo entonces considerados talófitos aunque sean procariotes.

Los procariotes tienen su vida muy relacionada con el agua y viven o bien dentro de ella, o bien en zonas muy húmedas, o bien también segrega sustancias que pueden retener el agua como la pectina que se embebe en agua, muchos de estos últimos procariotes acaban secándose pero la mayoría logra sobrevivir en vida ralentizada esperando un nuevo aporte de agua.

Para los eucariotas existen tres estructuras a este mismo nivel, estas son el estado cocal, el estado monadal y el estado ameboide y estos tres estados son para seres unicelulares aislados. Estos seres pueden presentar varios de estos estados durante su ciclo. Los organismos eucariotas también pueden formar colonias que son algo distintas de las procariotas, un ejemplo es el plasmodio que es un estado en el que se observa una masa protoplasmática relativamente grande que cuenta con muchos núcleos y que vive a base de reptar. El origen de un plasmodio puede ser de dos tipos:

**Plasmodio verdadero:** llamado también plasmodio de fusión, es una célula inicial que se divide repetidamente y las células hijas se mantienen unidas sin membranas y sin ningún tipo de diferenciación. Es bastante duradero.

**Plasmodio falso:** llamado también de agregación y que consiste en que en el ciclo de un organismo de células ameboides, estas se buscan y se agregan pero no pierden su membrana celular, su independencia y se forma entonces una masa pluricelular. Es relativamente fugaz. Únicamente se reúnen estas amebas para buscar un sitio adecuado para la reproducción (plasmodio de migración). Son frecuentes en los bosques y se encuentran en otoño con una gran cantidad de materia orgánica en putrefacción alimentándose de bacterias.

**Polienérgida:** es un estado en el que las células mantienen su membrana y se dividen los núcleos. Cada elemento interno es una enérgida. A ésta se le denomina sifón y es un estado cenocítico. Algunos organismos cuentan a la vez con células normales y células sifonadas y entonces es un auténtico organismo pluricelular con una organización talofítica. Si los organismos viven dentro del agua no necesitan tomar muchas precauciones y existen muchos monadales, cicales y ameboides.

### Talófitos:

Un organismo talofítico es ya un auténtico organismo pluricelular y que también vive en el agua, alguno de ellos apunta la posibilidad de salir fuera del agua, un buen ejemplo son las algas que viven en la zona intermarea por lo que durante cierto tiempo está en contacto con el aire conllevando la consecuente evolución. En esta zona se ven algas pardas que cuentan con una pigmentación muy diferente de las plantas terrestres, lo que nos hace pensar que todavía no han pasado al ambiente terrestre. Existen estructuras que son de lo más grande que hay en los vegetales alcanzando alguna de estas algas pardas hasta los 100 metros. El mayor éxito conseguido por un alga parda es tener una porción en la base y que está ramificada teniendo por misión fijarse al sustrato, a esta estructura se le denomina rizoide no tiene sin embargo, la misión de absorber por la raíz pues el organismo vive en el agua. También se observa una porción muy alargada a modo de tallo y que se denomina caulóide y por último en la parte superior existe una estructura más o menos plana que recibe el nombre de filoide y que presenta la parte distal

deshilachada que es donde se mueren las células, pero en la base del filoide hay un grupo de células que se dividen activamente formando más porción de filoide, a este conjunto de células se le considera como un meristemo. Se observa una gran diferenciación e incluso algunos autores consideran que ya existen tejidos. El cauloide está formado por una gran cantidad de células que se encargan de la nutrición. Y el filoide por una gran cantidad de células que realizan la fotosíntesis. El meristemo realiza función de la división. Son auténticos talófitos que viven en el agua y que han conseguido una auténtica organización.

Algo parecido se puede decir de las algas rojas que componen otro gran grupo de protoctistas autótrofos.

Las algas verdes constan de morfologías variadas y coinciden con las plantas terrestres en pigmentos asimilados, nos da una idea de que estas han logrado evolucionar, a partir de los cambios pertinentes, para colonizar el ambiente terrestre. Las charofitas tienen un cuerpo muy ramificado y filamentoso y pueden vivir tanto en aguas dulces como salobres. Su tamaño varía desde los pocos mm hasta el metro y medio. Cuenta con unos nudos donde se producen las ramificaciones y unos entrenudos donde no se dan ramificaciones sino que se produce alargamiento, estos entrenudos están formados por una de las células más grandes que existen en los vegetales y que se va alargando. Esta célula tiene muchos núcleos y es un sifón. En los nudos existen células más pequeñas que forman ramificaciones en la base donde se forma el rizoides. Esta estructura no la tiene ningún tipo de alga, este estado es un estado trical pluriseriado y pluricelular.

El típico talófito es pluricelular con relaciones vecinales entre células. En el escalón más alto de los talófitos ya se esbozan tejidos.

Los hongos viven en condiciones peculiares enterrados en algo y únicamente sacan al exterior la parte reproductora, la seta, que es una estructura compleja muy poco duradera. No pueden evitar la deshidratación, y la digestión la realizan en el exterior mediante la segregación de enzimas y después absorbe los productos. Tienen paredes de quitina. Las células de los hongos son multinucleadas, es decir, son células sifonadas. El cuerpo vegetativo es una trama algodonosa, está formado por multitud de filamentos que forman las denominadas hifas.

### Briófitos:

Aquí encontramos a los musgos. Éstos viven en ambientes húmedos, por lo que su emancipación del agua es incompleta y necesitan una fase en su ciclo en la que haya agua, debido a que los gametos nadan por ella.

Presentan el cuerpo más organizado que un talófito pero menos que un cormófito. La parte fijadora de los musgos se denomina rizidio y al pequeño tallo se le denomina caulidio y a la minúscula hoja filidio. Reciben estos nombres porque recuerdan a las partes de los talófitos. El filidio no se puede defender contra la deshidratación, aunque se esboce una protección en algunas especies.

### Cormófitos:

Viven ya en un ambiente terrestre y existe una reorganización. Debido a no contar con el apoyo del agua se necesita una serie de tejidos encargados de mantener la estructura de la planta y estos tejidos son los tejidos mecánicos como colénquima y esclerénquima.

La energía al atravesar el agua se va disipando, pero en tierra firme existe una mayor cantidad de energía.

Un organismo terrestre necesita un sistema de absorción, sistema que viene dado por los tejidos

absorbentes y que se sitúan en la parte subterránea de la planta se organiza entonces una raíz que fija y absorbe. Todo lo absorbido hay que trasladarlo a la parte aérea y para ello existen unos tejidos conductores conectados con estos tejidos absorbentes y que son los vasos de floema y xilema, éste último además de realizar una función conductora sirve de soporte. El floema está formado por células vivas y el xilema por células muertas.

Si la planta vive al aire libre se provee entonces de una protección para evitar la deshidratación, surgen entonces los tejidos protectores también denominados limitantes o epidérmicos. Este tejido cuenta con unos tipos de sustancias impermeables como la suberina o la cutina.

Los tejidos embrionales o meristemos de sitúan en todas las partes del vegetal colocándose normalmente en zonas estratégicas. El parénquima es el tejido fundamental de los vegetales superiores y atiende a distintas funciones, algunas clases están especializadas como el colénquima que es un parénquima de paredes gruesas, o el parénquima clorofílico que enverdece ya que el parénquima más interno (medular) es blanco y está compuesto por células que acumulan sustancias.

Se dice que la vida de una planta es la vida de sus meristemos. Con toda esta serie de tejidos descritos se organiza una planta superior. La lignina ayuda a la compresión en el ambiente terrestre y es típica del esclerénquima y de los vasos de xilema. Estos tejidos se organizan o sitúan en tres órganos fundamentales de los cormófitos como son la raíz, el tallo, y las hojas. La misión de la raíz es la de fijar las plantas por lo tanto ha de ser potente y muy ramificada y también tiene por misión llevar a cabo la absorción, por lo tanto es el órgano subterráneo de las plantas encargado de la fijación y de la absorción. Las hojas son los órganos encargados de la asimilación de la energía y presentan una ordenación adecuada dentro del vegetal gracias al tallo y sus ramificaciones, el tallo cuenta con tejidos conductores y con tejidos mecánicos.

### **TEMA III: ORGANIZACIÓN VEGETATIVA DE LOS CORMÓFITOS (I).**

Una planta necesita agua y una vez conseguida comienza a organizar su parte aérea. Existen dos grandes grupos que son las monocotiledóneas que sólo tienen un cotiledón (arroz) y las dicotiledóneas que tiene dos (cacahuete).

La raíz.

En las dicotiledóneas lo primero que se organiza es la raíz, primero lo hace la raíz primaria y a continuación la secundaria consiguiéndose una mayor absorción. En monocotiledóneas se organiza también en primer lugar una raíz primaria, pero esa raíz primaria rápidamente es sustituida o camuflada por las raíces secundarias (p.e. raíz en cabellera).

La raíz crece perforando el suelo que es duro, mientras que el ápice donde está el meristemo apical es muy blando y por rozamiento moriría, se organiza entonces una cubierta especial que se denomina cofia, caliptra o pilorriza. Unas células del meristemo primario se dividen hacia atrás y otras lo hacen hacia delante transformándose estas últimas en caliptra que está formada por células muertas pero que antes de morir han elaborado una pared celular rica en sustancias resistentes. Al crecer el rozamiento lo soporta la caliptra y va siendo desgastada pero inmediatamente es renovada. Las células que han quedado hacia atrás también se reproducen. La zona más próxima al ápice es de crecimiento activo y con excepción de la cofia no tiene diferenciación. Las células más externas se diferencian (epidermis de la raíz) y se constituyen en una prolongación grande capaz de absorber y formada por una sustancia muy permeable y poco consistente, la vida de estas células es corta, esta zona siempre está próxima al extremo más inferior ya que la zona más alejada muere y se organizan nuevos pelos, la raíz consigue así una mayor superficie de absorción. Este tejido se denomina rizodermis y no es un tejido limitante. La rizodermis muerta va siendo sustituida por una capa más resistente y menos permeable que aún sigue

absorbiendo.

A cierta distancia de extremo se observa que desde el interior y perforando la corteza emergen las raíces secundarias, así que estas son de origen endógeno. La raíz mientras no está suberificada sigue absorbiendo, con los años la raíz se suberifica y siempre absorbe por el extremo. Prácticamente todas las plantas superiores tienen micorrizas que son hongos asociados a plantas beneficiándose del producto de la planta, mientras que la planta se beneficia de una gran absorción de nutrientes en especial el fósforo. Si las plantas no tienen micorrizas no funcionan bien debido a que el fósforo es un nutriente muy poco móvil.

Anatomía: estructura primaria y secundaria.

#### Estructura primaria:

La estructura primaria es la primera estructura que adopta la raíz. El potente tejido absorbente se sitúa en la periferia, se denomina rizodermis y es muy permeable, los pelos absorbentes forman parte de las células de la rizodermis y su misión es la de aumentar la superficie de absorción. Éstas células tienen una pared muy fina para mejorar la absorción con lo que se desgasta y en pocos días mueren pero se sigue organizando nueva rizodermis. La rizodermis es una capa monoestratificada, por debajo de ella se sitúa la exodermis que queda en tierra al desgastarse la rizodermis. A continuación hacia el interior tenemos la corteza que está formada por una capa de células multiestratificadas y que son de tipo parenquimático. La capa más interna de esa corteza se denomina endodermis. Así pues de rizodermis en la periferia a endodermis más al interior forman la zona de crecimiento primario de la raíz.

Más hacia el interior tenemos el cilindro central en el que aparecen los tejidos conductores. La capa más externa del cilindro central recibe el nombre de periciclo y tiene carácter meristemático por eso a partir del periciclo se organizan las paredes secundarias. Los tejidos conductores en la raíz primaria siempre se disponen de manera radial, de forma que se colocan de forma alterna los vasos de floema y xilema. Si se dan cuatro vasos de xilema y cuatro vasos de floema se habla de una raíz tetraarca, mientras que si hay tres de cada sería una raíz triarca. Existe tejido parenquimático entre los vasos, y una porción de éste se denomina médula y tiene función de reserva, mientras que otra porción será meristemo en este caso secundario.

Una estructura primaria siempre crece en longitud y una secundaria siempre lo hace en grosor. El crecimiento secundario se da en aquellas porciones que ya han tenido crecimiento primario.

#### Estructura secundaria:

La capa más externa del cilindro central es el periciclo que nos organiza las raíces secundarias. Las células del periciclo se multiplican y crecen hacia la corteza perforándola. A partir del periciclo se organiza una raíz secundaria que acabará teniendo meristemo radical apical y que cuenta con todos los elementos de una raíz primaria.

En el cilindro central se organiza un meristemo que adopta una forma estrellada dejando en el interior al xilema y en el exterior al floema y que inicia la división de las células, en la zona correspondiente a los floemas se divide más activamente diferenciando células al exterior y que constituyen el floema secundario, mientras que hacia el interior se diferencian células que constituyen el xilema secundario de manera que la estrella acusada acaba redondeándose. En una estructura secundaria el xilema y el floema se encuentran de manera colateral y no radial. Todos los años las plantas de crecimiento anual organizan estructuras secundarias debido a que tienen que circular una mayor cantidad de sustancias al haberse hecho más grande la planta. El cilindro central sufre un crecimiento en grosor y la parte

externa de la corteza se rasga, se rompe organizándose nuevos tejidos protectores a partir del periciclo. Las raíces secundarias adoptan un tipo de estructura más rígida ya que las raíces cuanto más viejas son adoptan un carácter más protector.

Una raíz de estructura terciaria es similar a la secundaria y únicamente ha aumentado en grosor. Las estructuras primarias se encuentran en los extremos de las raíces, de modo que al año siguiente pasan a ser estructuras secundarias, terciarias o n-arias.

La estructura colateral es típica de crecimientos secundarios, mientras que la zona pilífera está en los extremos. Cuando aflora la exodermis se puede producir una pequeña suberificación que no es total debido a que todavía puede absorber.

En la estructura primaria en el cilindro central, en la parte aérea, encontramos una disposición colateral de los vasos de xilema y floema, mientras que en la parte de la raíz la disposición de los vasos es radial. Esto nos hace pensar que debe existir una parte donde se pasa de una disposición a otra, esta parte es el cuello. A medida que el xilema se desplaza se bifurca en dos haces y en la zona del cuello esa bifurcación se observa que se desplaza situándose en el interior del floema de la parte aérea, esta es la zona de paso. Cada bifurcación se dirige hacia floemas diferentes hasta situarse dentro.

Las raíces que estudiadas anteriormente son las de tipo más general y que corresponden al tipo de las dicotiledóneas así como a las gimnospermas. El grupo de las monocotiledóneas no posee crecimiento secundario en grosor o éste se da de manera anómala. Este crecimiento secundario en grosor se observa mejor en el tallo.

La raíz típica de las dicotiledóneas, que consta de una raíz primaria principal que se distingue claramente de las secundarias, se denomina axonomorfa. La raíz típica de las monocotiledóneas, en la que no se distingue la raíz primaria de las secundarias, recibe el nombre de fasciculada.

**Modificaciones de la raíz.**

Las raíces responden con adaptaciones a los diferentes cambios o sollicitaciones de los distintos nichos. La modificación más sencilla de todas es aquella que responde al acumulo de grandes cantidades de sustancias y que reciben el nombre de raíces napiformes, el acumulo se da en la raíz debido a que la parte aérea no está capacitada para ello.

Las raíces adaptadas a la vida en el agua presentan más simplificaciones.

#### **TEMA IV: ORGANIZACIÓN VEGETATIVA DE LOS CORMÓFITOS (II).**

**Anatomía del tallo: estructura primaria y secundaria.**

Es el órgano de la parte aérea de las plantas superiores encargado de ordenar adecuadamente las estructuras con el fin de obtener un máximo rendimiento (p.e. función clorofílica). El tallo cuenta con fototropismo positivo y con geotropismo negativo.

Los Pteridófitos están representados por los helechos, las Gimnospermas están representadas por los pinos y en las *Angiospermas* nos encontramos dos grupos Monocotiledóneas (trigo, drago) y Dicotiledóneas (*Diplotaxis*, manzano).

El tallo surge a partir de un meristemo primario (apical) que está más o menos organizado dependiendo de los grupos. Así nos encontramos que en pteridofitas existe una o pocas células que se localizan en el extremo, en gimnospermas se pasa a una mayor complejidad con un mayor número de

células y en angiospermas se tiene una estructura más compleja hasta el punto en el que podemos distinguir una parte más periférica denominada túnica y otra parte más externa que recibe el nombre de corpus. Las diferencias no son muy grandes, pero al menos sí en el aspecto de la división celular. Tras la división tiene lugar la diferenciación en los distintos tejidos que componen la estructura primaria. A diferencia de la parte subterránea, aquí no existe la cofia o caliptra. La división celular siempre tiene lugar hacia atrás (en la raíz lo hace hacia atrás y hacia delante).

En un corte transversal del tallo en una típica estructura primaria de angiosperma encontramos la epidermis que tiene por misión proteger y que cuenta en la parte más externa de su membrana con una gran cantidad de cutina (impermeable), de modo que se forma cutícula y que también se encontrará en las hojas. El que la epidermis sea impermeable no impide la relación de la planta con el exterior, las plantas necesitan un intercambio de gases, así que en la epidermis aparecen situados unos pequeños órganos (estomas) que están encargados a voluntad para este intercambio, son un mecanismo que se puede abrir o cerrar. Todo el resto de la planta está impermeabilizado.

La corteza tiene una capa más externa que en la raíz era denominada hipodermis y que sustituía a la rizodermis cuando ésta se desgastaba, aquí a esta capa más externa se le denomina exodermis (= hipodermis) y que no aflora ya que la epidermis no se desgasta. La capa más interna de la corteza coincide con la de la parte subterránea y se denomina también endodermis. La corteza está compuesta de un tejido fundamental, parenquimático que es un tejido comodín que puede atender a varias funciones como la de reserva o de meristemo secundario ya que si el tallo se hiere se tapona la herida gracias a la multiplicación de células de la corteza.

El cilindro central tiene una capa más externa que se denomina periciclo y que en el tallo no tiene ninguna importancia ya que no hay raíces secundarias y no se da lugar a ninguna estructura y tampoco actúa de estructura de crecimiento en grosor.

En el tallo el xilema y el floema son colaterales con el floema hacia el exterior y el xilema hacia el interior, entre el floema y el xilema se localiza un meristemo remanente que recibe el nombre de cambium, al año siguiente se da una estructura secundaria que da lugar hacia fuera el floema secundario y hacia adentro el xilema secundario. A la vez que el cambium elabora u organiza los vasos conductores, cabe destacar la actuación de otro cambium en el tejido parenquimático que rellena el resto del cilindro central. En general tenemos un meristemo remanente entre los vasos de xilema y floema y otro meristemo secundario en el tejido parenquimático. Toda esta estructura recibe el nombre de cambium, pero al meristemo remanente se le da el nombre de cambium fascicular y el meristemo secundario del tejido parenquimático recibe el nombre de cambium interfascicular. La acción del cambium dará lugar al crecimiento secundario. El cambium interfascicular se divide dando lugar a tejido parenquimático que forma estructuras que recuerdan a radios y que son los radios medulares. En el centro se encuentra la médula y que en algunas monocotiledóneas, como las cañas, es destruida.

Contrariamente a la parte subterránea, la parte aérea al organizar sus ramificaciones siempre lo hace desde el exterior. Las yemas laterales no se desarrollan si no hace falta, y si se necesita alguna ramificación es la yema terminal la que condiciona hormonalmente si va a tener lugar la formación de nuevas yemas, podemos decir que en la porción terminal el tallo puede subdividirse en *nudos* y en *entrenudos*. En los nudos habrá yemas que pueden llegar a ramificarse, y en los entrenudos solo hay un crecimiento en longitud. En la raíz no hay nudos ni entrenudos ni yemas laterales.

Las plantas que viven un año sólo tienen estructura primaria, pero las plantas que viven muchos años han de organizar nuevos tejidos en años sucesivos, la parte primaria crece en longitud pero lo hace en grosor al año siguiente formándose la estructura secundaria. En definitiva se dirá que la estructura primaria crece en longitud y las secundarias en grosor a partir de la primaria. Tras el desarrollo del cambium quedan nuevos vasos de xilema y floema que son el xilema y floema secundarios, de modo que

el floema primario estará más al exterior y el xilema primario estará más al interior. Los nuevos y sucesivos vasos de xilema y floema serán superiores en volumen a los anteriores, ya que estos nuevos vasos organizados atienden a un mayor contenido de fluidos. Los pteridófitos no presentan esta estructura.

La corteza se agrieta al producirse el crecimiento en grosor del cilindro central, pero no deja al descubierto sus tejidos ya que antes se inicia la formación de un tejido protector. En el interior, en la exodermis (tejido parenquimático) se diferencia un meristemo secundario que es un estrato circular de células que se dividen a la vez que se crece en grosor y que recibe el nombre de cambium suberógeno o felógeno que procede del parénquima cortical. El felógeno da células hacia fuera y células hacia adentro, las que van hacia fuera son varias capas de células que constituirán el suber o tejido protector secundario, estas células antes de morir elaboran y depositan una gran cantidad de *suberina* que es impermeable, el suber es pluriestratificado. Por otra parte el felógeno también da capas de células hacia el interior, células que se diferencian poco ya que constituyen más parénquima que recibe el nombre de felodermis. A este conjunto de felógeno, suber y felodermis se le denomina peridermis, y todos los años en las estructuras secundarias se organizan nuevas peridermis de forma sincronizada con el cambium vascular. El tejido exterior del felógeno es tejido muerto que se va desprendiendo, así que las nuevas peridermis se organizan hacia el interior. En los árboles viejos y agrietados presentan unos restos de placas o tiras características para cada árbol y que recibe el nombre de ritidoma.

En el crecimiento primario teníamos los estomas que son sustituidos en el crecimiento secundario, se observa que en los sitios en los que había estomas el corcho es algo distinto, está más suelto y las células permiten el intercambio gaseoso, estas zonas reciben el nombre de lenticelas, y en los tallos no muy viejos puede apreciarse superficialmente pero en los tallos viejos la pista se pierde. En los años sucesivos se forma más corcho, todo lo que queda del corcho hacia fuera está muerto, aislado, de modo que al final el corcho acaba cayendo en formas de placas o tiras. Teóricamente los vegetales tienen crecimiento ilimitado al contrario que los animales.

Las células que el cambium fabrica hacia adentro siempre permanecen en el árbol, por el contrario la corteza se mantiene fina ya que acaba desprendiéndose. En la parte que siempre permanece se pueden observar anillos. El floema va cada vez más hacia fuera hasta que acaba rompiéndose mientras que el xilema en el que forma esos anillos que normalmente equivalen a un periodo vegetativo, esto es lo que ocurre con las gimnospermas y dicotiledóneas que presenten estructura arbórea. Por el contrario en las plantas de crecimiento anual como los pteridófitos no se da la situación anteriormente comentada. Las monocotiledóneas tienen un crecimiento secundario anómalo, tienen haces conductores colaterales llamados cerrados porque entre xilema y floema no existe meristemo. Estos haces cuentan periféricamente con una vaina de fibras muy resistentes que actúan a modo de tejido mecánico.

No hay muchas monocotiledóneas que formen estructuras con crecimiento secundario, pero un ejemplo sería el drago, al que si le hacemos un corte transversal se observa una médula en la que hay muchos haces conductores colaterales y en lo ancho aparecen estructuras resistentes y otras blandas, por lo tanto es una madera heterogénea y no homogénea como es el caso de las dicotiledóneas y gimnospermas. Periféricamente, en la parte de la corteza contamos con cierta cantidad de tejido parenquimático, la porción interna se denomina cambium y es el encargado de la diferenciación de nuevos haces conductores, además de nuevo parénquima. En la parte externa se organiza la peridermis. Entonces el crecimiento secundario en grosor tiene lugar por la actividad de la corteza donde la parte más interna diferencia nuevos haces conductores y parénquima y la parte más externa organiza más peridermis. Las monocotiledóneas están poco ramificadas y son muy resistentes a la tracción (p.e. caña) debido a que cuenta con gran cantidad de haces conductores cerrados.

**Tipos de ramificación.**

El meristemo apical va situando lateralmente otros meristemos secundarios que son las yemas. En las plantas más primitivas suele darse la bifurcación, fenómeno conocido como dicotomía y que se ha ido abandonando con la evolución, suele ocurrir que sea la del ápice la que más crezca y que las demás estén subordinadas a ésta dando ramificaciones laterales, que en algunos casos mantienen una perfecta organización y se habla entonces de monopodio. Las estructuras con dominancia apical suelen denominarse racemosas. En ocasiones no se sigue exactamente el monopodio y el crecimiento es irregular entonces se habla de simpodio. Lo que es evidente es que al desarrollarse las yemas verticales, éstas organizan yemas laterales que no se suelen desarrollar pero que en caso de necesidad pueden hacerlo (p.e. al sustituir una rama que se ha partido).

### Anatomía de la hoja.

Las plantas superiores han podido colonizar el medio terrestre y han tenido que adaptarse a condiciones adversas pero también es verdad que en la superficie terrestre hay más disponibilidad de energía que en el medio marino. Las plantas superiores constituyeron unos órganos especializados en captar óptimamente la energía, estos órganos son las hojas. Una definición de hoja sería pues la de ser los órganos de las plantas superiores encargados de absorber la mayor cantidad de energía luminosa, para ello las hojas deben situarse ordenadamente a la vez que lograr una adecuada orientación.

Al principio las algas eran estructuras laminares que podían presentar algunas ramificaciones de manera dicotómica de modo que en el interior de esa dicotomía apareció una parte más fuerte, principio del tejido mecánico capaz de soportar tracciones. Las primeras plantas terrestres que se conocen son de tamaño muy pequeño y con ramificaciones dicotómicas, estas plantas tomaban la energía luminosa gracias a unas células periféricas ya que todavía no existían las estructuras foliares. Estas primeras plantas terrestres tenían una similar apariencia a la de las algas, pero las estructuras ahora tienden a ser redondeadas y no laminares. La parte más interna recibe el nombre de estela y es más resistente, la estela dentro del agua está compuesta de células más resistentes, lo que en las plantas superiores, correspondería a los tejidos mecánicos y conductores. Se puede decir entonces que esa estela inicial pasó, gracias a la evolución, de los protocistas a las plantas superiores para constituir los tejidos mecánicos y conductores. Al realizar un corte transversal vemos que la estela está en el interior, mientras que las células con función clorofílica están situadas en la periferia, esta estructura corresponde a la de las plantas primitivas. Se necesita aumentar la superficie de absorción lo que se consiguió de dos maneras:

- Las células periféricas emiten pequeñas expansiones laminares. No hay tejidos conductores ni mecánicos ya que estas estructuras son estructuras pequeñas. Esta adaptación dio lugar a un conjunto de plantas que se conoce con el nombre de serie micrófila y que han tenido poco éxito, aunque aún hoy se conocen representantes.
- Algunas plantas primitivas tras múltiples ramificaciones, situaron todas ellas en un mismo plano a la vez que las soldaron, aparecen estructuras planas y grandes en las terminaciones donde se aprecia claramente las dicotomías de los nervios. Mediante fenómenos de planación y concrecencia aparecieron unas estructuras grandes y llegaron los tejidos mecánicos y conductores. Se dio una serie con un gran éxito y que recibe el nombre de serie macrófila.

La hoja es en su origen una macrófila. Cuando germina una semilla se desarrolla una nueva planta y lo primero que se organiza es la raíz. En general, en la semilla existe un cotiledón o dos cotiledones, que son orgánulos que en principio constituyen un almacén de sustancias que van suministrando a la joven planta mientras ésta se desarrolla. Se considera que estos cotiledones desarrollan las primeras hojas. Un cotiledón en principio sólo tiene la función de almacén. El cotiledón, al germinar la planta, puede quedarse enterrado tratándose entonces de una germinación hipogea que sólo tendrá la función de almacén y que suministra sustancias a la planta hasta el agotamiento. Pero la germinación también puede darse por encima del suelo dándose la germinación epigea, entonces llega la luz y muchos de

estos cotiledones adquieren clorofila y realizan pues la función clorofílica además de actuar como almacén. Se puede decir que los cotiledones son las primeras hojas. Una planta pronto agota los cotiledones pero ya organiza un auténtico cuerpo vegetativo con tallos y hojas.

Las auténticas hojas aparecen ordenadamente en el tallo de acuerdo a su filotaxis característica. Cada planta tiene su ordenación (filotaxis), normalmente las ordenaciones aparecen en forma de hélice. En primer lugar la hoja va a ser un órgano complejo que presenta crecimiento limitado ya que no presenta meristemas, luego deja de crecer una vez ha alcanzado el crecimiento óptimo.

Una hoja está constituida en tres partes:

- La base que a veces no se aprecia y en otras ocasiones existen modificaciones como la aparición de escamas. Muchas veces el peciolo llega al tallo de manera insensible.
- El peciolo es una estructura redondeada con tejidos conductores y tejidos mecánicos en el interior. La misión del peciolo es la de unir el limbo con el tallo, sujeta bien el limbo, pero además lo orienta y también permite el paso de sustancias desde el tallo o rama al limbo y viceversa. El peciolo puede ser grande o corto, e incluso a veces se carece de peciolo (hoja sentada).
- El limbo presenta una organización compleja que le permite optimizar la absorción de energía. Presenta epidermis por la parte de arriba y por la de abajo. La parte de arriba se conoce con el nombre de haz y está orientada hacia la luz, cuenta con una epidermis donde suele ser muy patente la cutícula, es pues una zona muy impermeable. Debajo de la epidermis, que es bastante translúcida, tenemos unas grandes células que son verdes por su riqueza en cloroplastos y que se encuentran formando una serie paralela muy organizada y apretada que recibe el nombre de empalizada, así que el conjunto de estas células se conoce como parénquima clorofílico o en empalizada. Puede apreciarse la existencia de tejidos conductores, nervios que están constituidos por vasos de xilema y floema frecuentemente acompañados por fibras mecánicas y otro tipo de parénquima también verde, pero no tan intenso como el clorofílico, cuyas células se sitúan más irregularmente dejando espacios entre sí, recordando a una esponja, es el parénquima esponjoso o laminar, por lo tanto realiza la función clorofílica y permite el intercambio de gases gracias a estos espacios intercelulares conectando hacia la parte baja de la hoja, que recibe el nombre de envés, con el exterior. En el envés la hoja también está limitada con otra epidermis que presenta los estomas que en raras excepciones también aparecen en el haz. Los estomas conectan con los espacios celulares mediante unas pequeñas cavidades que reciben el nombre de cámara subestomática, es decir a estas cámaras llegan los canales de los espacios de parénquima lagunar. A veces estos conductos están rellenos de sustancias. También pueden aparecer las esclereidas que ayudan a mantener la forma por lo que son un tejido mecánico, en las hojas son frecuentes las astroesclereidas que son células pétreas que forman una especie de endoesqueleto.

Existen dos tipos de hojas:

En monocotiledóneas donde la hoja presenta nervios paralelos entre sí y las hojas son estrechas y largas.

En dicotiledóneas donde hay un nervio central a partir del cual nacen otros secundarios y así ocurre sucesivamente, este tipo de nerviatura se conoce como nerviatura reticulada. La hoja está peciolada.

En la mayoría de los casos uno sabe si es dicotiledónea o monocotiledónea ya que estas últimas carecen de peciolo y la base acaba en una vaina que rodea al tallo (p.e. maíz).

**TODOS LOS DIBUJOS ESTÁN EN EL CUADERNO DE PRÁCTICAS.**

*Situación de las hojas en el tallo:*

Según la disposición de las hojas en el tallo se habla de hojas alternas cuando en cada nudo frecuentemente aparecen hojas una en un sentido y la siguiente en un sentido contrario; de hojas opuestas; de hojas decusadas que son un tipo de hojas opuestas en el que unas se orientan perpendicularmente a las anteriores; de hojas verticiliadas cuando en un nudo aparecen tres o más hojas; y de hojas basales (o en roseta) cuando todas las hojas nacen muy próximas a la base con unos entrenudos del tallo muy cortos.

#### Inserción de la hoja en el tallo:

Según la inserción de la hoja en el tallo se habla de hoja peciolada cuando existe el peciolo; de hoja sentada cuando carece de peciolo; de hoja envainadora cuando la base del limbo rodea al tallo (se da en muchas de las monocotiledóneas); de hoja decurrente cuando el limbo al menos en su porción basal durante un corto trayecto se suelda al tallo, la hoja decurre por el tallo; de hoja amplexicaule cuando la hoja además de ser sentada el limbo forma pequeñas prolongaciones que rodean al tallo; y de hoja perfoliada cuando el limbo está rodeando al tallo, como si el tallo perforara al limbo.

#### Forma del limbo:

#### Margen de la hoja:

#### Lobulación del limbo:

#### Ápices de las hojas:

#### Bases de las hojas:

#### Tipos de nerviación:

#### Hojas compuestas:

### TEMA V: ADAPTACIONES.

Las plantas se adaptan a las adversas condiciones que imperan en el medio terrestre, medio en el que existe una gran variedad de plantas distintas lo que nos puede hacer sospechar que son organismos que se han ido adaptando a condiciones diferentes entre sí, por lo que las soluciones a estas distintas condiciones son variadas. El medio terrestre es muy heterogéneo, dentro del agua existe menos variedad en los organismos ya que los ambientes dentro del agua son más homogéneos.

En los organismos vivos existe, además de una supervivencia a los factores, una lucha entre ellos, es decir que además de estos condicionantes físicos y químicos habrá otros condicionantes biológicos muy difíciles de establecer y que no podemos medirlos. En el ambiente terrestre se puede hablar de nichos ecológicos, que son zonas en las que se dan unas determinadas condiciones, que pueden ser pequeños o grandes y que limitan con otros nichos de manera que organismos que funcionan bien en un nicho puede que no lo hagan tan bien en otro nicho distinto. Muchas veces parece el mejor adaptado al nicho antes que el peor adaptado ya que puede suceder que el peor adaptado soporte mejor una variación.

Factores ecológicos más importantes.

Los factores ecológicos más importantes son los climáticos, edáficos, topográficos y bióticos.

#### Adaptaciones al aprovisionamiento de agua:

Las *plantas acuáticas* han sufrido una readaptación secundaria ya que son plantas que vuelven a colonizar medios acuáticos. Existen plantas que viven en el interior de las aguas y que han simplificado su estructura, pero también hay plantas que tienen una parte sumergida y otra parte aérea. La epidermis adaptada a vivir dentro del agua no tiene cutícula o no la tiene tan potente, estas plantas presentan parénquimas que dejan dos grandes espacios intercelulares, además muchas de estas plantas están enraizadas en el interior del agua en suelos que tienen poco gas, de modo que los dos grandes espacios intercelulares del parénquima sirven de vía de distribución del gas necesario. A temperaturas elevadas el gas se disuelve y el metabolismo se acelera con lo que los organismos tienen mayores requerimientos, pero las plantas no tienen tantos problemas como los animales, hay la misma cantidad de  $CO_2$

en la tierra que en el agua. Estas plantas presentan una resistencia a la tracción muy grande pero muy pequeña a la flexión debido a que en el agua no tienen ese problema. Sitúan los vasos de xilema y floema en la parte central. Este tipo de plantas son hidrófitas.

Las plantas higrófitas viven en ambientes húmedos, presentan estomas en chimenea que facilitan el intercambio gaseoso, tienen una epidermis modificada y aparecen pelos formados por células vivas lo que también facilita el intercambio gaseoso ya que viven en climas en los que llueve con bastante frecuencia. Presentan un parénquima en empalizada pero no muy compactado. La cutícula debe ser fina, impermeabiliza y ofrece resistencia mecánica frente al rozamiento (ramado).

Las plantas xerófitas están adaptadas a los ambientes secos y presentan una epidermis que da lugar, para algunas especies, a varias capas de células aunque la más externa es la epidermis propiamente dicha (reforzamiento frente a la deshidratación). Se da parénquima en empalizada en el haz y en el envés, éste último presentan cámaras que encierran a los estomas, estas cámaras cuentan con una serie de pelos rellenos de aire que forman un microclima algo húmedo de modo que el estoma se abre dentro de esa oscuridad, controlando mejor la posible deshidratación. Las hojas muestran una gran superficie si se ponen planas (cuando llueve) pero si se enrolla consigue encerrar la parte donde se localizan los estomas, de modo que en épocas de mucha sequía se dificulta más la pérdida del agua. En zonas muy secas se tiende a esconder los estomas y solo se abren en condiciones favorables como p.e. la noche, pero las estrategias también pueden ser de otro tipo, así se da el caso de hojas que se han transformado en espinas para evitar la pérdida de agua, el tallo entonces se aplana y pasa a realizar la función clorofílica. También puede darse el caso de ramas que presentan hojas y flores muy reducidas (escamas), pasando la propia rama a realizar la función clorofílica e incluso en algunos casos adopta la forma de hoja.

Las orquídeas tropicales viven sobre otra planta sin causarle daño, tienen las raíces, que apenas utilizan para fijarse o absorber, de un color verde para ayudar a realizar la función clorofílica.

Hay que diferenciar entre una espina y un aguijón que es una formación epidérmica, mientras que la espina contiene tejidos epidérmicos y otros más internos.

#### *Plantas capaces de transformarse:*

Son plantas que viven en ambientes cambiantes, en las zonas cercanas al Ecuador la climatología es más homogénea, por lo tanto, estas plantas vivirán en zonas con diferencias estacionales, es decir, en latitudes medias.

Una planta con rizoma, que tiene un tallo subterráneo, vive en tierra y desde ahí puede organizar tallos que constituirán una parte aérea, pero en épocas adversas solo queda la parte subterránea en forma de vida ralentizada.

Las plantas que son árboles se defienden en invierno tirando la hoja hasta que las condiciones vuelven a ser las favorables, esto es un invento de las plantas modernas, las gimnospermas en invierno no tiran la hoja pero, sin embargo, no tienen circulación de ningún tipo de sustancia y muchas veces en las hojas se acumulan determinadas sustancias (glicerol) que impiden la congelación. Las yemas se protegen en el interior de muchas escamas. Existen hierbas perennes, pero otras forman rizomas, tubérculos, bulbos o modificaciones del tallo y la raíz.

Los meristemos apicales respecto al suelo distinguen varios tipos biológicos:

- **Fanerófitos:** presentan las yemas a varios metros del suelo.
- **Caméfitos:** también reciben el nombre de nanofanerófitos y tienen sus yemas invernantes por encima del suelo más o menos 1m (romero).
- **Hemicriptófitos:** tienen las yemas perdurantes a ras de suelo, si nieva éstas se cubren de nieve y se aíslan del frío.
- **Geófitos:** tienen las yemas enterradas, es suelo es un buen aislante (patata).
- **Terófitos:** son plantas anuales, la época más desfavorable la pasan en forma de semilla (muchas angiospermas).

#### Adaptaciones al aprovechamiento de la luz:

Las plantas organizan un cuerpo vegetativo que les da un ordenamiento en el espacio para obtener un mayor ordenamiento. Algunas plantas evolucionan siguiendo otras estrategias y presentan unos cuerpos vegetativos no excesivamente desarrollados pero se proveen de otros mecanismos que les capacitan para asirse a otros organismos, son parásitos espaciales a los que les es suficiente organizar mecanismos de agarre a otras plantas como los zarcillos, que son un filamento que crece y tiende a arrollarse cuando encuentra un asidero, pero también pueden darse ganchos, ventosas y otros. Todos estos mecanismos tienen el mismo fin.

Las lianas son estructuras vegetales relativamente finas pero provistas de órganos para trepar, tienen la raíz en el suelo pero alcanzan los estratos iluminados más elevados sin tener un gasto en cuerpo vegetativo muy elevado.

Otras plantas, las epífitas, no enraízan en el suelo, ellas habitan en zonas más o menos elevadas viviendo fijadas en ramas u hojas de otra planta. Todas las epífitas viven sobre otra planta y allí tienen que organizar su cuerpo. Si la planta es pequeña puede que sólo con el aporte de humedad tengan bastantes probabilidades de sobrevivir, en ambientes más xéricos no se da tanto este fenómeno, una estrategia en este tipo de ambiente es la formación de una hoja modificada en forma de urna que capta el agua de manera que la raíz se sitúe en su interior.

#### Condiciones anormales de nutrición:

En los suelos muy salinos, las plantas en general no pueden tolerar la media o elevada salinidad, sufren una deshidratación fisiológica. Existen plantas que se adaptan a este medio absorbiendo el agua y la sal a la vez teniendo mecanismos para eliminar la sal.

En suelos muy pobres en nutrientes, algunas plantas se han adaptado a complementar su dieta a base de capturar otros organismos, sobre todo pequeños animales. Se dan multitud de mecanismos:

- Dos hojas modificadas con unos pelos en los márgenes que se cierran violentamente cuando el organismo roza los pelos internos avisadores. Una vez capturado el organismo, éste se digiere.
- Pelos con cabeza con sustancias muy pegajosas en la que quedan pegados los insectos.

- Urna con líquido (agua y jugos), es atractiva para varios insectos que resbalan y caen a ese líquido, en la zona de la boca hay pelos orientados hacia debajo de manera que si un organismo logra trepar tropiece con estos pelos y caiga de nuevo al interior.
- Fuelle que absorbe (dentro del agua).

Los insectos aportan a las plantas nitrógeno. Las plantas gracias a estos mecanismos pueden colonizar nichos muy adversos.

### Parásitos:

Pueden serlo a medias o enteros, es decir, serían parásitos a medias si pueden realizar la función clorofílica pero no les aporta todo lo que les hace falta, de modo que parasitan y completan la dieta; son enteros si viven completamente a expensas del huésped, entonces se atrofian. P.e., la cúscuta introduce la raíz en el tallo del huésped y succiona sus sustancias, esta planta carece de clorofila; posee unos glomérulos con flores, fruto y semilla, la semilla se esparce, germina y si encuentra un huésped sigue el ciclo. Otras plantas parásitas están enterradas y succionan alguna raíz ajena, mientras que otras succionan en ramas mientras realizan la función clorofílica.

### Adaptaciones al fuego:

No es estrictamente una adaptación, la planta puede quemarse y rebrotar (pino canario), debido al grosor del ritidoma que esconde yemas laterales de las que algunas no se queman. También hay plantas con frutos muy resistentes y que sólo con la acción del fuego pueden germinar, es una adaptación especial éstas son plantas que aparecen pronto tras un incendio (semillas más resistentes o parte subterránea que logra sobrevivir).

Forzosamente hay adaptaciones a factores del suelo, topográficos o dependientes de otros organismos. Así que frente a suelos de naturaleza especial surgen adaptaciones especiales. Si la topografía es muy accidentada hay plantas que logran superar esta pega creciendo en cualquier grieta, por otra parte no es lo mismo crecer en una ladera orientada, p.e. al norte que hacerlo en una ladera orientada al sur. Los organismos también influyen, si hay muchos herbívoros todas las plantas están condicionadas a éstos, si la planta es fácilmente arrancable no durará nada, pero si aguanta aunque pierda cierta porción aérea podrá sobrevivir.

Aspectos fisiológicos.

Los autótrofos realizan función clorofílica, es necesario pues el  $CO_2$

. Los árboles y las plantas que viven en latitudes medias, en zonas templadas carecen de mecanismos para acumular el  $CO_2$

ya que lo toman del aire cuando lo necesitan, entra en el ciclo del Calvin y realizan el metabolismo. Este tipo de plantas son las  $C_3$

que tienen un rendimiento general de un gramo de C por cada 150 – 250 gr de agua. Estas plantas necesitan mucho agua, cuando se dispone de menos agua surge la estrategia de algas  $C_4$  y CAM.

Las algas viven dentro del agua y tienen que tomar  $CO_2$

, gas que tiene una lenta difusión, de modo que cuando las algas realizan activamente la función clorofílica necesitan  $CO_2$

así que lo acumulan para tener suficiente cantidad para disponer de él cuando sea necesario, este es un mecanismo discutido, el sistema consiste en formar bicarbonatos, se toma  $CO_2$

poco a poco y se va acumulando en forma de bicarbonato que es descompuesto obteniéndose agua y  $CO_2$  que es el que el alga puede utilizar.

Las plantas en  $C_4$

son algunas gramíneas tropicales y otras como la caña de azúcar, el mijo, el maíz que se han adaptado a vivir o que funcionan muy bien a elevadas temperaturas, donde pueden incorporar el  $CO_2$  y situarlo en un cuerpo  $C_4$

próximo al ácido málico que como tal es transportado y luego descompuesto en un  $C_3$  y  $CO_2$

. Esto lo consiguen gracias a que tienen dos tipos de células clorofílicas, unas más externas que consiguen ir acumulando este  $CO_2$

y formar el cuerpo  $C_4$

que se traslada a las células más internas normalmente perivasculares, donde el  $C_4$  se descompone en  $C_3$

y  $CO_2$

, éste último se manda al ciclo de Calvin, el rendimiento de  $CO_2$

es mucho mayor, todo el  $CO_2$

suministrado por  $C_4$

se utiliza dando lugar a un rendimiento en agua, de modo que por cada gramo de C que consume se necesitan 50 – 100 gr de agua. El mecanismo funciona tanto mejor conforme más elevada es la temperatura, así que el óptimo se sitúa entre 40 y 50°C. Se han adaptado frente a un ambiente más seco y más cálido. En verano aparece *chenopodium* que son un tipo de plantas  $C_4$  que se adueña de los espacios.

Las CAM son las plantas crasas y algunos helechos. Las crasas son típicas de ambientes desérticos, que por la mañana tienen los estomas cerrados, pero hay luz y realizan la función clorofílica y por la noche abren los estomas tomando el  $CO_2$

que es acumulado como ácido málico. Al día siguiente con los estomas cerrados el ácido málico se descompone y suministra  $CO_2$

que se utiliza en el metabolismo.

### Fotorrespiración:

Consiste en que las plantas en  $C_3$

cuando se las sitúa en condiciones adversas de elevadas temperaturas realizan un proceso catabólico distinto que no tiene nada que ver con la respiración y que consiste en la degradación de productos que han elaborado, buscando unos compuestos que las defienden de las altas temperaturas. La fotorrespiración es un fenómeno natural y ventajoso para estas plantas pero desventajoso para los que las cultivan. Las plantas se defienden elaborando sustancias que las defienden de las altas temperaturas (ácido málico). Las  $C_3$

presentan fotorrespiración en condiciones adversas, pero no las  $C_4$

o CAM y si la tienen es poca cosa.

## TEMA VI: INTERACCIONES BIÓTICAS.

## Concepto de simbiosis.

En el siglo XIX se acuñó el término simbiosis que se definió como organismos diferentes viviendo juntos, es aquel estado de dos seres de distintas especies que viven estrechamente asociados de forma equilibrada. Se incluyó dentro de este término tanto a las asociaciones mutualistas (en las que ambos organismos obtenían algún beneficio) como a las asociaciones parasitarias (en las que uno se beneficia en detrimento del otro). Muchos biólogos han utilizado el término simbiosis para equipararlo a mutualismo. Dependiendo de las condiciones ambientales o fisiológicas de los organismos en cuestión, estos podrán actuar como mutualistas o parásitos. El término simbiosis se asocia con relación, no con beneficio. El grado de simbiosis puede variar muchísimo.

## Características de la simbiosis.

Los conceptos de daño y beneficio pueden dar lugar a muchas discusiones, sin embargo, se necesita establecer un rango de estas características para la descripción de la simbiosis.

### Tamaño relativo de los individuos:

Los individuos que forman las simbiosis, en la mayoría de los casos suelen ser de tamaño distinto, y al grande se le suele llamar huésped mientras que al pequeño se le denomina simbiote.

### Posición relativa de los participantes:

Los simbioses pueden ser externos al huésped hablándose de ectosimbioses, o internos denominándose endosimbioses. El simbiote también puede estar en el interior de la célula será pues intracelular, o estar interno en el organismo pero externo en las células será entonces extracelular.

### Necesidad relativa de la simbiosis para los organismos implicados:

La simbiosis es obligada para un organismo si es incapaz de vivir sin el compañero y es facultativa si el organismo no necesita esta relación para vivir.

### Duración y estabilidad de la simbiosis.

En general todas las simbiosis permanecen durante la mayor parte del ciclo de los compañeros, el proceso que mantiene la proporción estable del huésped se denomina regulación.

### Formación de la simbiosis:

El huésped puede adquirir el simbiote bien por transmisión, o bien en el ambiente externo.

### Especificidad y reconocimiento:

La especificidad se refiere al grado taxonómico existente entre posibles compañeros. Reconocimiento se refiere a la discriminación y selección entre posibles compañeros.

### Modos de interacción entre compañeros:

Existe un amplísimo rango de modos de interacción. Los más comunes son los nutricionales.

### Integración de la simbiosis:

Característica que los organismos presentan en simbiosis (estructuras funcionales) pero no las que presenta como organismos aislados.

Significado de la simbiosis en el bienestar de los componentes:

Un organismo puede obtener beneficio, daño o puede no verse afectado.

**Simbiosis y evolución.**

La simbiosis ha tenido mucha importancia en la evolución de los organismos. Simplemente por mutación no hay posibilidad de explicar la existencia de tantas organizaciones en la actualidad. Uno de los pasos más grandes de la evolución está en la aparición de la célula eucariótica. Se supone que ha habido un salto desde una organización procariótica hasta la eucariótica, pero este hecho no está demostrado.

Un protoeucarionte se asocia con una bacteria aerobia, se tiene un huésped ameboide que contiene una mitocondria, si se asocia un protoeucarionte con una espiroqueta pasamos a tener un huésped ameboide flagelado, si se asocia un protoeucarionte con cianobacterias se da una simbiosis primaria que nos da un huésped con plastidio, plastidio que pudo transferir algún gen (p.e. algas rojas). Más adelante pudo establecerse una simbiosis secundaria en la que un eucarionte fagocitó a otro eucarionte, de modo que la nueva célula contiene el núcleo del eucarionte secundario y el núcleo inicial del eucarionte que es el nucleomorfo y que se aprecia hoy en día en las criptofitas. Más adelante se da un proceso de diversificación.

El procoron es el organismo procariota pero que presenta pigmentos parecidos a los de las plantas superiores. Se supone que es el antecesor de las algas verdes y que evoluciona hacia las euclorofitas y lateralmente a las plantas superiores que tienen pigmentos parecidos a los de las algas verdes.

Es importante establecer la distinción entre procariota y eucariota:

Según la organización del material genético: en los procariotas el DNA está en forma de un único filamento que enrollado o estirado se presenta en el interior de las células mientras que en los eucariotas el DNA está perfectamente empaquetado junto a proteínas en el interior del núcleo formando unas estructuras denominadas cromosomas. Existen otras diferencias como que los procariotas son más pequeños (1-10 ) y pueden formar seres unicelulares o colonias muy variadas con diferencias entre células pero no diferenciación de tejidos, por el contrario los eucariotas son más grandes (10-100 ) y pueden ser unicelulares, ser coloniales o pueden formar tejidos en un alto grado de diferenciación. En procariotas no hay organismos con membranas, mientras que los eucariotas tienen mitocondrias y plastos que sí están provistos de membrana.

Según la segregación del DNA: en procariotas ocurre sin microtúbulos y en los eucariotas ocurre con microtúbulos normalmente ordenados en una forma de huso.

Según los sistemas sexuales: en procariotas cuando se presenta hay transmisión de material genético del donante al receptor, en eucariotas está presente en la mayoría de las formas y se da una igual participación del genoma de las dos células.

Según la fagocitosis o/y pinocitosis: en los procariotas no se dan y en los eucariotas existe una presencia de estos fenómenos pero no es universal, ya que p.e. está ausente en los hongos.

Podemos encontrar algas y huéspedes en agua dulce y agua marina. Hay también simbiosis importantes de procariotas fijadores de nitrógeno en las raíces de las plantas superiores. Se conocen también hongos

especializados en vivir con algas formando unidades morfológicas y biológicas muy estrictas, los llamados líquenes. También son importantes las relaciones de algunos hongos con las raíces de las plantas superiores, las micorrizas. Existen microorganismos procariotas viviendo en simbiosis en nuestro intestino.

En la naturaleza podemos encontrar todos los grados de simbiosis desde aquella que represente una necesidad vital para los dos organismos hasta la más fugaz.

### 3 – REPRODUCCIÓN.

#### TEMA VII: LA REPRODUCCIÓN EN LOS VEGETALES Y HONGOS.

Todos los procesos vitales de los organismos están orientados a conservar la especie, dada la cantidad tan variada de organismos han aparecido también gran variedad de estrategias reproductivas. En el proceso vital hay que incluir la multiplicación y la reproducción, se realiza una distinción entre ambas, la multiplicación implica números y la reproducción implica que un individuo está en condiciones para reproducirse. La reproducción es un aspecto de la vida. Hay que esperar un determinado tiempo desde que un organismo nace hasta que está en condiciones de reproducirse, este periodo suele denominarse como tiempo de una generación. En términos generales, el tiempo es inversamente proporcional al tamaño del organismo (p.e. existen bacterias que en 20 minutos pasan de estado juvenil al estado adulto).

#### Multiplicación:

Todos los procesos de multiplicación están condicionados interna y externamente. Generalmente se habla de reproducción y puede realizarse por:

- **Multiplicación vegetativa unicelular:** implica división celular. Es el más sencillo y es el proceso en el que se pretende que a partir de una célula se obtengan dos o más células que sean iguales a ésta pero de distinto tamaño. El caso más sencillo es la bipartición. También podemos hablar de pluripartición o de gemación. Este fenómeno se da en los protofitos tanto si son eucariotas como si son procariotas.
- **Multiplicación vegetativa pluricelular:** implica porciones pluricelulares de los organismos, organismos que son talófitos. Una rotura del cuerpo puede equivaler a una reproducción, gracias a la poca especialización todavía conseguida. Esto ocurre con algunas algas.
- **Multiplicación por propágulos:** se da cuando son porciones de organismos pluricelulares que están predeterminadas para ese fin. Aquí los organismos están más organizados como algunos talófitos, protocormófitos. Existen estructuras encaminadas a separarse de la planta madre y constituir individuos hijos. Los propágulos se desprenden y organizan una planta hija idéntica a la madre.
- **Células germinales denominadas esporas:** es frecuente la formación de células especiales, las esporas que presentan una amplia gama de variedad. Son muy frecuentes en los hongos donde las esporas reciben el nombre de conidioesporas existen también esporas con flagelos adaptadas a su dispersión en vida acuática y reciben el nombre de zoosporas, en ambientes terrestres las esporas no tienen flagelo y se denominan aplanoesporas que pueden tener como mecanismo de dispersión el viento entre otros.

En todos estos procesos aparece la multiplicación celular, la división que en un organismo eucariótico implica la mitosis y en uno procariótico la división propiamente dicha o esquizogénesis. La multiplicación asexual no implica más que un solo individuo que ha de ser maduro, el organismo una organización por la cual puede constituir individuos hijos iguales a la madre (no hay padres).

#### Reproducción sexual:

En la reproducción individual no hay más que intervención de un individuo, pero frecuentemente las condiciones ambientales fuerzan a los individuos una nueva combinación para una mejor adaptación, esto se consigue gracias a la reproducción sexual inventada por los organismos eucariotas, en esta reproducción se organizan gametos que cuentan con una dotación cromosómica mitad de las paternas, el proceso de reproducción sexual implica la invención de la meiosis. Mediante la meiosis se consiguen los gametos también conocidos como meiosporas. Un gameto no siempre se fusiona con otro dándose entonces el fenómeno de la partenogénesis por el cual células haploides se desarrollan y constituyen una generación haploide.

En reproducción sexual se puede hablar de isogamia cuando los dos gametos son iguales morfológicamente (los dos tienen flagelo) aunque no fisiológicamente ya que uno es móvil y el otro no. También se puede hablar de heterogamia cuando los gametos son de diferente tamaño, se tienen dos tipos generales de gametos, el primer tipo se conoce como anisogamia cuando los dos gametos son distintos por principio y además los dos son móviles, el segundo tipo es la oogamia donde tenemos un macrogameto que es inmóvil y femenino y un microgameto que es móvil y masculino.

Es curioso que las algas rojas y los ascomicetes (hongos) han tenido el mismo problema y lo han solucionado de forma igual. En el alga roja el gameto masculino es inmóvil así que la garantía de que alcance el gameto femenino es mucho menor, de modo que la parte femenina facilita la captura del gameto masculino, que recibe el nombre de espermacio, la captura se realiza por medio de la formación de un largo apéndice, el tricógino. Lo mismo ocurre en los ascomicetes.

En la *Saprolegnia* en vez de ser dos los gametos los que se fusionan, son dos gametangios que son estructuras en donde se forman los gametos, se da la gametogamia formándose un polizigoto.

Los gametos son formaciones especiales típicamente más pequeñas que las células madres, a partir de una célula madre se obtienen 4 gametos. En ocasiones se fusionan individuos haploides enteros hablándose entonces de hologamia, un ejemplo son un grupo de algas de agua dulce que se denominan conjugadas en la reproducción sexual, puesto que su fase dominante es haploide. Llega un momento de madurez en el que se unen esas células y no forman especialmente ningún gameto, se denomina a esto cistogamia. Las células en sí se modifican lo mínimo para ir a buscarse. Los filamentos haploides se constituyen en una estructura ameboide fusionándose y formando una estructura diploide, el cigoto. Toda la célula en sí constituye el gameto. Pueden verse los filamentos vacíos y en la parte central de los dos filamentos se ven gran cantidad de cigotos.

En talófitos existe una gran variedad de mecanismos de reproducción, la variedad es mayor en los hongos. Dependiendo de la estructura del organismo se tiene:

- **Fragmentación:** consiste en una estructura trical que se rompe.
- **Formación de propágulos:** son estructuras que están predeterminadas para separarse de la planta madre y formar nuevos individuos.
- **Esporulación:** se forman esporas, que si son organizadas en el interior reciben el nombre de endosporas y si son organizadas en el exterior se denominan exosporas.

En el reino planta, aparte de la reproducción sexual puede darse la asexual (vegetativa) que implica separar una porción meristemática de una planta madre, este fenómeno es aprovechado por el hombre (p.e. los estolones de los fresones, porciones de tubérculos, acodos e injertos).

## TEMA VIII: CICLOS BIOLÓGICOS.

## Alternancia de fases nucleares y alternancia de generaciones.

Todo ser tiene la obligación de reproducirse tanto en el tiempo como en el espacio. La reproducción atiende a muchas estrategias pero el fin siempre es el mismo, la perpetuación de la especie. En la vida de un organismo pueden aparecer distintas fases en donde intervienen varias estructuras encaminadas a la reproducción. Para que un organismo pueda reproducirse necesita un tiempo, tiempo en el que necesita crecer. Existen dos procesos en las células eucariotas que están directamente relacionados con la reproducción, estos dos procesos son la mitosis y la meiosis. Con la mitosis se consigue a partir de una cosa llegar a otra cosa idéntica, y con la meiosis se pretende reducir a la mitad la carga genética, la meiosis está encaminada a la reproducción sexual mediante la formación de gametos.

En el ciclo general de un organismo podemos encontrarnos con dos fases, una es la fase de esporofito y otra es la fase de gametofito. Los esporofitos son diploides y los gametofitos son haploides, el gametofito es el productor de gametos (fase asexual) y el esporofito es el productor de esporas y es donde se produce la meiosis (fase sexual). El ciclo consiste básicamente en esporas haploides que al desarrollarse dan lugar a un organismo haploide, el gametofito que es el encargado de dar gametos, tienen que existir dos gametos complementarios que se fusionan (singamia) y que forman el cigoto diploide que al desarrollarse constituye el esporofito que si es de tipo general se encuentra en la naturaleza en todas las variantes que quieras. El gametofito puede ser único, es decir, que un pie tenga en él los dos sexos denominándose gametofito monoico; también se pueden encontrar dos pies separados uno de un sexo y otro del sexo complementario denominándose entonces gametofito dioico. Los gametos monoicos suelen presentar isogamia, mientras que los dioicos suelen presentar oogamia.

Los ciclos o alternancias pueden ser isomórficos cuando el gametofito no se distingue bien del esporofito, o bien ser heteromórficos cuando el gametofito se distingue bien del esporofito. Los ciclos más sencillos tienden a ser isomórficos y los más complejos heteromórficos.

El gametofito puede reproducirse a sí mismo por fragmentación, igualmente le ocurre al esporofito. Además ambos, gametofito y esporofito, pueden reproducirse por partenogénesis. Cuando en el esporofito no se da la meiosis, se tienen esporas  $2n$  que se denominan neutrosporas y que dan lugar a nuevos esporofitos. En un ciclo la mayor parte del tiempo se pasa en una fase u otra pudiendo dominar cualquiera de las dos fases. Cuando domina más la fase haploide se dice que el organismo es haplonte, cuando la fase de mayor dominio es la diploide se dice que el organismo es diplonte y cuando existe cierto equilibrio entre las dos fases tenemos un organismo haplodiploide o diplohaploide.

La singamia puede dividirse en fusión de protoplasmas y se habla entonces de plasmogamia, y en fusión de núcleos hablándose de cariogamia. Normalmente ambos ocurren a la vez pero por ejemplo en hongos las dos están muy separadas en el tiempo. Existen otras estructuras como son las esporas de resistencia con las que se ralentiza la existencia.

### Ejemplos de ciclos biológicos.

- En muchas algas pardas existen dos esporofitos morfológicamente iguales que dan dos tipos distintos de estructuras llamadas conceptáculos, unos de estos conceptáculos cuentan con estructuras ramificadas que no poseen los otros. Dentro de los conceptáculos tiene lugar la formación de esporas (meiosis), esporas que son las macrosporas en el conceptáculo ramificado y microsporas en el otro. Las macrosporas y las microsporas actúan como gametos, la microspora nada y es atraída por la macrospora dando lugar al diploide, así pues sólo la formación de las esporas es haploide. Es un ciclo dioico, diplonte, isomórfico con oogamia.
- En la lechuga de mar que es un alga verde, tenemos de partida dos gametofitos, es pues dioica. En las porciones fértiles tiene lugar la formación de los gametos, gametos que son

morfológicamente iguales presentan pues isogamia y tienen que ser complementarios, al unirse se forma el cigoto y se inicia la fase diploide, aquí ya tenemos el esporofito que es aparentemente igual al gametofito, por lo que decimos que estamos ante una alternancia isomórfica. En el esporofito tiene lugar la meiosis donde se obtiene la mitad de las esporas de un sexo y la otra mitad del sexo complementario, tenemos pues esporas haploides que desarrollan otro gametofito. Es pues un ciclo dioico, haplodiplonte, isomórfico con isogamia.

- En un caso de *Laminaria* que es un alga parda presentan esporofitos muy grandes de unos 80 ó 90 metros y que llegan a vivir varios años. Estas algas en determinadas zonas tiene lugar la meiosis formándose esporas que son mitad de un sexo y la otra mitad del sexo complementario. Cada una de estas mitades constituye un gametofito que es esporádico y distinto al esporofito. Los gametofitos están condicionados genéticamente y son microscópicos. En un gametofito se organizan los gametofitos pertinentes y en el otro los complementarios, existen diferencias en microgametos y macrogametos, éstos últimos inmóviles se da pues una oogamia. Es dioico, diplohaplonte y heteromórfico con oogamia.
- Un grupo de las algas rojas presenta dos esporofitos seguidos, se da entonces una alternancia trifásica. Se tiene una fase diploide que se denomina carposporofito y que es el primer esporofito que vive a expensas del gametofito, es tan pequeño que no da ni meiosis, dando un tipo de esporas que se denominan carposporas que son diploides y que dan lugar a su vez a un segundo esporofito que recibe el nombre de tetraesporofito, el segundo esporofito recibe este nombre porque tiene los esporangios o esporofitos que producen cuatro esporas. En zonas adecuadas aparecen los tetraesporofitos o tetraesporangios y se obtienen cuatro estructuras haploides con la mitad de las esporas de un sexo y la otra mitad del sexo complementario, puesto que estas esporas son haploides producen gametofitos separados, es decir, el gametofito masculino da lugar a gametos inmóviles, lo que es extraño, que reciben el nombre de espermacios y que es trasladado por el agua, por otro lado, en el gametofito femenino se organizan unas estructuras receptivas y con cierta superficie, son estructuras alargadas que acaban en pico y que reciben el nombre de tricógino, a este gametofito femenino se le conoce como carpogonio. En el interior del carpogonio se encuentra el gameto femenino a partir del cual se forma el cigoto cuando contacta con el gameto masculino, y sin abandonar la posición se organiza el primer esporofito de nuevo. Se ha producido la alternancia gametofito, carposporofito, tetraesporofito, gametofito. Es dioico, haplodiplonte trifásico, isomórfico con oogamia (tricogamia).
- Los hongos como los basidiomicetes tienen una parte reproductora que es la seta, que cuenta con una porción (base del sombrero) donde están situados los esporangios. Se fusionan dos núcleos complementarios y tiene lugar la formación del cigoto ( $2n$ ), estos esporangios reciben el nombre de basidios. Se produce la meiosis que da cuatro esporas que se conocen como basidiosporas, estas basidiosporas son dos de un sexo y otras dos del sexo complementario. Estas esporas son de un tamaño muy pequeño y el 99.9% mueren. Cuando estas esporas caen al suelo organizan un cuerpo filamentosos, la hifa que se desarrolla y se bifurca constituyendo una forma algodonosa que recibe el nombre de micelio. En una hifa hay muchas células y cada una con un núcleo. A este micelio se le llama micelio monocariótico y es el primero que se organiza, en total se organizan dos micelios monocarióticos que constituyen dos sexos. El tiempo puede ser mayor o menor pero esto concluye cuando dos micelios monocarióticos en condiciones contactan, para el contacto no existe ninguna estructura característica y tiene lugar la plasmogamia (fusión del protoplasma) no se da fusión de núcleos. A partir de esta célula inicial se forma una hifa dicariótica donde cada célula tiene dos núcleos complementarios, se constituye el micelio dicariótico que es capaz de organizar algún tipo de estructura, como p.e. los cuerpos fructíferos, todas estas estructuras organizan la estructura de la seta donde residen las estructuras germinales del micelio dicariótico, algunos de los cuales fusionan el núcleo

formando el cigoto.

- Los musgos son protocormófitos (briófitos) y suponen un inicio a la colonización del ambiente terrestre. En este caso vamos a considerar un musgo dioico (con sexos separados), aunque los hay monoicos. Las estructuras con tallitos y hojitas son gametofitos y en cada pie aparece el esporangio correspondiente, en el pie masculino aparece el anteridio y en el femenino el arquegonio. En el interior de arquegonio hay un único magrogameto, mientras que en el anteridio hay multitud de microgametos. Cada anteridio maduro necesita el agua y cuando ésta es abundante, el anteridio se hincha y revienta saliendo del interior los microgametos, que son flagelados recibiendo el nombre de anterozoides y se desplazan por el agua hasta que alcanzan el magrogameto y forman el cigoto que sin descanso se desarrolla iniciándose la fase diploide. En el interior del esporangio, y tras numerosas meiosis se forman las esporas haploides que son la mitad de un sexo y la otra mitad del complementario, estas esporas dan lugar a los nuevos gametofitos. Este es pues el primer ciclo de una planta terrestre pero que sigue necesitando de agua.
- Los helechos (pteridófitos) viven en zonas húmedas, la planta en sí es el esporofito ( $2n$ ). En el envés de los frondes (hojas) aparecen unos esporangios más o menos protegidos donde tiene lugar la meiosis, cuando llega el momento el esporangio se abre y salen disparadas las esporas que organizarán el gametofito, en este caso monoico y que tiene estructuras masculinas y femeninas, cuando se organiza el pequeño gametofito presenta simultáneamente anteridios y arquegonios, éstos son más reducidos que en el caso de los musgos. El anteridio contiene algunos anterozoides, lo que nos indica la necesidad del agua. A partir de un arquegonio fecundado surge un esporofito mucho más grande y el gametofito se deshace. Este ciclo presenta dos fases donde domina el esporofito, por lo que es un ciclo haplodiploide, heteromórfico con oogamia. Los helechos también presentan reproducciones vegetativas que complementan los ciclos.
- En gimnospermas (pinos y similares) se aprecia un grado muy elevado de adaptación al ambiente terrestre, se da una independencia del agua. Ahora el microgameto viaja en el grano de polen. La planta es el esporofito y domina abrumadoramente. En primavera la planta organiza dos tipos de piñas una masculina y otra femenina, por lo tanto son monoicos. En un tipo de las piñas, que son de vida fugaz, se organizan muchos sacos polínicos y tras la polinización estas piñas masculinas caen, en estos sacos polínicos tienen lugar las meiosis, de manera que cada grano de polen se considera como una microspora, cada microspora organiza en su interior un gametofito masculino, se ha producido una gran reducción en comparación con los casos anteriores. Las piñas femeninas están en el árbol y una vez adquieren su desarrollo conforman las típicas piñas, las macrosporas femeninas se organizan en la axila de las escamas de las piñas femeninas, estas escamas cuentan con óvulos en los que se organiza el gametofito femenino, en éstos aún se pueden apreciar unos arquegonios muy reducidos (reliquia) y lo que llega a éstos son los granos de polen, y por mediación del tubo polínico salen de uno a dos anterozoides que nadan en un líquido que hay en el gametofito femenino, llegan hasta la situación más cercana del arquegonio y lo fecundan, con lo que se forma la semilla. La formación de semilla implica algunos cambios muy grandes, la semilla es una estructura muy resistente y está provista de un ambiente protector, además tiene gran cantidad de sustancias nutritivas y entra en un estado de ralentización que le permite esperar condiciones esperadas (en musgos y helechos no había parón), la semilla también está deshidratada. En un sitio húmedo se hidrata y surge la planta.
- En angiospermas existe una mayor adaptación, las plantas son esporofitos, como en las gimnospermas, las gimnospermas pueden ser monoicas o dioicas. Tienen estructuras florales más evolucionadas que las gimnospermas, en las flores tenemos partes complementarias, que son masculinas en los estambres que tienen muchos sacos polínicos, pero no tan masificados

como en gimnospermas, en general las angiospermas gastan menos en polen porque son ayudadas en el traslado de éste por los insectos. La parte femenina de la flor está encerrada en el carpelo, los óvulos están más protegidos, de ahí que en gimnospermas el tubo polínico sea más corto que en angiospermas, pues éste último tiene que atravesar el carpelo. En el grano de polen también se organiza el gametofito masculino, mientras este gametofito en las gimnospermas tiene 7 u 8 células en las angiospermas consta de 3 células, es por tanto un gametofito de lo más reducido. De esas 3 células una se encarga de organizar el tubo polínico y las otras dos son dos gametos, no hay despilfarro. En gimnospermas solo fecunda un gameto (fecundación simple) pero en angiospermas fecundan los dos (fecundación doble). El gametofito femenino también se reduce grandemente. Ya no se encuentran estructuras que recuerden a arquegonios. En general el gametofito femenino llega a constar de 8 células y al menos 3 de éstas son imprescindibles. Con las angiospermas tenemos la máxima reducción de los gametofitos y además se han inventado los frutos que se desarrollan de las paredes carpelares tras la polinización y la fecundación.

Musgos	G>E
Helechos	E>G
Gimnospermas	E>>g
Angiospermas	E>>>g

En esta tabla también se dan escalones intermedios. La evolución implica una mayor adaptación a ambientes terrestres reduciendo los gametofitos. Dentro de un ambiente acuático los gametofitos funcionan muy bien.

### TEMA IX: ESTRUCTURAS REPRODUCTORAS.

Esporocistes y esporangios.

Cada organismo tiene varias estructuras de reproducción. Las estructuras de reproducción son muchas y muy variadas. Las estructuras que producen esporas se denominan esporangios. En los organismos más sencillos productores de esporas conviene llamarlos esporocistes. En los organismos más primitivos, a partir de una madre obtenemos un esporociste siempre y cuando sea la pared protectora sea la propia pared materna. Si la célula madre se provee de una pared de células estériles protectoras que rodean se trata de una estructura más compleja que se denomina esporangio. Entonces diremos que un esporociste procede de una célula que divide el contenido y cuya pared no sufre modificaciones, por el contrario el esporangio exige una pared de células protectoras.

Gametocistes y gametangios.

Como gametangios tenemos el anteridio que es el gametangio masculino y que produce gametos masculinos. Está cubierto de células estériles y en el interior hay células madre que se dividen; por otro lado tenemos el arquegonio que es el gametangio femenino y que también está cubierto por células estériles.

Los ejemplares más primitivos tienen gametocistes que si son masculinos se denominan espermatocistos y si son femeninos oogonios.

Ejemplos de estructuras reproductoras.

- *Euglena* es una alga verde a la que no se le conoce ninguna estructura reproductora. Se reproduce por bipartición.

- En algunas algas pardas se organiza una estructura triangular pluricelular y que aparece de trecho en trecho en el talo, esta estructura puede recibir el nombre de propágulo, y se desprende desarrollando toda la planta.
- Los hongos tienen estructuras filiformes, son las hifas que en su conjunto constituyen el micelio. Algunas hifas se fragmentan en el extremo, son unicelulares y actúan como propágulos. Es más propio hablar de propágulos si la estructura es pluricelular.
- Otros hongos presentan estructuras estoloníferas, rastreras, que se desarrollan siempre que haya un sustrato adecuado. Estas estructuras maduran en los extremos dando esporocistes, si en el suelo hay nutrientes entonces desarrollan los esporocistes.
- La *Caulerpa prolifera* es pariente de la *Caulerpa taxifolia*, las dos tienen capacidad de regeneración por fragmentación, desarrollan estolones que se extienden por la arena y se entierran momento en el que enraízan. La *C. Taxifolia* no tiene biorreguladores, por lo que se desarrolla sin competencia desplazando a otras plantas.
- Muchos organismos frente a condiciones adversas se rodean de una cubierta más gruesa que la normal, acumulan sustancias y ralentizan su existencia. Las estructuras de resistencia soportan condiciones adversas durante mucho tiempo. Son estructuras de muy diverso tipo. Algunas algas verdes, como la *Chlorella*, que es unicelular e inmóvil, se cultiva mucho y se utiliza para enriquecimiento de los alimentos ya que tiene muchas proteínas, de vez en cuando se divide dando cuatro nuevas células que son más pequeñas que la madre y se denominan autosporas.
- Existen otras algas verdes que forman pequeñas colonias de 4 u 8 individuos (cenobio). Éstos dividen el contenido y se constituyen en autosporas.
- Otras algas son cenobios más organizados. Cada una de las células que constituyen el cenobio pueden dividir el contenido constituyendo muchas zoosporas, éstas se organizan y constituyen un nuevo cenobio.
- De trecho en trecho en algunas algas aparece un tipo de espora siempre móvil que presentan una esfera de flagelos, la estefanoconta.
- Otro tipo da lugar a esporas móviles que aparecen en conjunto reciben el nombre de zoospora compuesta. Se organizan esporocistes.
- En hongos como la *Saprolegnia* aparecen zoosporas que son incapaces de germinar, necesitan pasar primero por un estado de quiste del que germina una zoospora secundaria, ésta ya con capacidad germinativa.
- Los líquenes son dualidades, son organismos que están compuestos por una parte algal y otra fúngica, el líquen es pues una auténtica unidad morfológica y fisiológica. Para que un líquen se reproduzca bien debe presentar tanto los componentes de los hongos como los componentes de las algas, los líquenes tienen gonidios donde hay porciones alargadas que se fragmentan y uno de estos fragmentos tiene en el interior una parte algal y otra fúngica y que están protegidas por una corteza. El contenido aflora en las grietas y estas toman un aspecto pulvulento gracias a los saprotelios que han aflorado del interior de estos fragmentos. Las dos partes han de contactar con sus respectivas partes complementarias.
- Las algas conjugadas son seres haplontes, tras la formación del cigoto, que es de resistencia, aparece la fase meiótica donde se pueden obtener cuatro individuos, pero también pueden ser

tres, dos o uno. Normalmente solo se da lugar a un individuo hábil, los demás degeneran.

- Los hongos inferiores dan cigotos de resistencia, pero que son polizigotos, estos polizigotos se denominan así porque contienen multitud de células diploides. Si cuando se fusionan dos gametos tenemos dos cigotos, cuando se fusionan dos gametocistos tenemos un polizigoto. Al producirse la meiosis se dan muchas esporas.
- Los hongos en general dan lugar a estructuras muy pequeñas que son muy fáciles de diseminar, por el contrario, al ser muy pequeños contienen pocas sustancias de manera que al nacer tienen que caer en un sitio adecuado sino mueren. Los hongos presentan la mayor variedad de estructuras reproductoras.
- El hongo *Lecanora* presenta unas urnas internas denominadas picnidios que se comunican con el exterior mediante un pequeño poro por el que salen las esporas.
- El hongo tipo basidiomicetes presenta un cuerpo fructífero, la seta, que debajo del sombrero tiene las esporas.
- Otras estructuras que se forman son el apotecio, que forma una copa abierta y el peritecio que es parecido al picnidio, sólo que en el picnidio hay esporas de origen asexual mientras que en el peritecio las esporas son de origen sexual. El cleistotecio es una estructura muy pequeña y que aprovecha este pequeño tamaño para desplazarse.
- En basidiomicetes el esporociste es de origen sexual y recibe el nombre de basidio, en ascomicetes el esporociste se denomina asca. Los dos se organizan en el extremo de micelios dicarióticos (las células tienen dos núcleos complementarios). Se produce la meiosis, pero además en ascomicetes se produce una mitosis de manera que al final se obtienen 8 ascosporas de origen endógeno. En basidiomicetes no hay una mitosis y tras la meiosis las esporas migran hacia el extremo organizándose como 4 exosporas, las basidiosporas.

#### Trofófilos y esporófilos.

Un trofófilo es una estructura de planta superior (adaptada a un ambiente terrestre) encaminada a la realización óptima de la función clorofílica. Evolucionan hacia las auténticas hojas.

Un esporófilo es una estructura encaminada a la protección de los esporangios, se ha modificado mucho.

Un trofoesporófilo tiene como misión la función clorofílica a la vez de la protección de los esporangios (p.e. una hoja de helecho con los soros).

#### Isosporia y heterosporia.

Un ejemplo de isosporia es un helecho que da lugar a esporas todas idénticas y que al desarrollarse generan un gametofito (pequeño) que es monoico. Con la evolución surgen la heterosporia donde las esporas ya no son todas iguales y se encuentran dos tipos distintos de esporangios, los macro o megasporangios que organizan pocas y grandes esporas (macrosporas, megasporas) y los microsporangios que organizan esporas pequeñas (microsporas). Las microsporas organizan el gametofito masculino y las macrosporas suelen organizar el gametofito femenino.

Todas las plantas superiores son heterosporas, los pteridófitos tienen tanto isosporia como heterosporia, un ejemplo de pteridofito heterosporeo es la *Selaginella* donde tenemos dos tipos de esporas que

proceden del macrosporangio y del microsporangio. La macrospora divide el contenido repetidamente, es haploide, y se aprecia uno o varios arquegonios (gametangios), ya están protegidos. Con la evolución el arquegonio se introduce en el gametofito reduciendo el número de células. La parte masculina es independiente, cada microspora divide el contenido y constituye un gametofito que se desarrolla en el interior de las paredes del mismo, se constituyen gametos móviles, muchos anterozoides, que serán capaces de nadar (dependerán del agua) hasta alcanzar un arquegonio. La pared en el gametofito femenino se agrieta y organiza estructuras para la captura del agua (en la parte superior se constituyen uno o varios arquegonios). De los varios arquegonios del gametofito sólo es viable uno, ya que el que inicia el desarrollo ocupa gran lugar en un espacio tan reducido.

#### Caso intermedio entre isosporia y heterosporia:

Hay un grupo denominado Equisetos, que en principio son isosporeos morfológicos pero no funcionales. Las esporas pueden caer en suelos ricos o en suelos pobres, las esporas masculinas son independientes del medio, las femeninas implican un pequeño desarrollo, el desarrollo de los gametofitos está condicionado por el medio, si éste es pobre el gametofito será masculino, pero si es rico el gametofito tiende a ser femenino.

Las gimnospermas y angiospermas son heterosporas. La microspora es el grano de polen (gametos independientes del agua), dentro del grano de polen se organizan los gametos masculinos, se organiza el gametofito masculino. En este gametofito masculino hay dos gametos, además de células que ayudan a estos gametos a alcanzar el gametofito femenino. Se observa que el número de células es pequeño (dos gametos y una célula encargada de organizar el tubo polínico). Aparecen otras células que no tienen un papel determinado, lo que implica un cierto gasto.

Un óvulo de una gimnosperma consta de una cubierta protectora que recibe el nombre de tegumento, en términos generales, en las gimnospermas hay un tegumento que rodea a una parte central denominada nucela, en la que destaca una célula próxima al extremo que sufre una meiosis, situándose entonces las cuatro células en columna. Se inicia la fase haploide, de estas cuatro células tres degeneran, únicamente queda la más inferior que se considera como la macrospora y que se divide repetidamente hasta constituir dos estructuras arquegoniales (dos arquegonios sumamente sencillos) y que se sitúan hacia el extremo, constituyendo el gametofito que es haploide. A la vez que sucede esto, el grano de polen viaja y alcanza la zona superior de la nucela. Cuando se produce el contacto con la nucela, una célula del grano denominada célula vegetativa organiza un tubo polínico que llega a las proximidades del arquegonio o de los arquegonios. Una vez llega allí, el tubo polínico se abre y salen los gametos que nadan y alcanzan la oocélula (gameto femenino) en el interior del arquegonio. Se forma el cigoto que es el comienzo de la fase diploide y existe una clara heterosporia, la única macrospora es el gametofito.

En angiospermas se localizan las microsporas en el interior de los estambres, un estambre es un microsporófilo y consta de un filamento que acaba en la antera (dos tecas cada una con dos sacos polínicos que son los microsporangios). Se organizan los granos de polen o microsporas. Las anteras se abren y dejan escapar los granos de polen que viajan mediante un vector, independientemente del agua. El gametofito masculino está reducido al máximo, consta de tres células. Una de estas células es la vegetativa que se encarga de organizar el tubo polínico, mientras que las otras dos células son los gametos, los dos son absolutamente necesarios puesto que en angiospermas se produce la doble fecundación, y se formarán dos cigotos. En gimnospermas sólo hace falta un gameto por lo que la fecundación es simple, formándose un único cigoto. El gametofito femenino (óvulos) se sitúa en el interior del carpelo (es un macrosporófilo) y no en la axila de una escama como ocurría en gimnospermas. El óvulo tiene dos tegumentos, no uno como en gimnospermas, pero se conocen casos de angiospermas en los que el óvulo sólo tiene un tegumento. En el interior del óvulo aparece la nucela de la que destaca una célula que sufre meiosis, se obtienen cuatro células en columna de las que tres degeneran y la restante es la auténtica macrospora. Esta macrospora divide el contenido mediante tres

mitosis, con lo que se tienen ocho células. En una angiosperma típica el gametofito femenino procede de la única macrospora superviviente y conforma el saco embrional que consta de ocho células haploides. Estas ocho células se disponen de la siguiente manera: en un extremo (arriba o abajo) se sitúan tres antípodas que no tendrán papel como norma general, en medio se encuentran los dos núcleos secundarios del saco embrional que se fusionarán volviendo a formar una estructura diploide, y por último, en el otro extremo se sitúan tres células, dos de estas son las sinérgidas que actúan como ayudantes para la apertura del tubo polínico y entre ellas está la oocélula o macrogameto femenino. Llegan dos gametos, uno irá a la oocélula formando el cigoto que será diploide, el otro gameto se fusionará con los núcleos secundarios formando una célula inicial triploide ( $3n$ ) que se denomina endosperma. Según lo observado vemos que las plantas superiores son heterosporeas.

## TEMA X: LA FLOR.

La flor es el órgano de las plantas superiores (gimnospermas y angiospermas) y que se encarga de albergar los órganos de la reproducción sexual.

**Piezas florales.**

La flor consta de una serie de piezas que originariamente eran hojas que se han modificado, la más externa de estas hojas nos recuerda a los trofófilos, las más internas a los esporófilos ya que portan los macrosporangios y los microsporangios. Cuando uno habla de flores, se suele referir a la flor de las plantas angiospermas, pero no hay que olvidar que las gimnospermas también las presentan, aunque de una manera más sencilla. Las antófitas son el conjunto de plantas con flor y engloban tanto a las angiospermas como a las gimnospermas. Dado que la flor más completa es la de una angiosperma, repasaremos las distintas partes que podemos encontrar en una flor angiosperma típica.

El receptáculo o talamo floral que es un pequeño ensanchamiento, en donde se van a disponer todas las piezas. Este ensanchamiento se sitúa en el extremo de un pequeño pedicelo.

El cáliz está constituido por las piezas más externas que son los sépalos y son las que más nos recuerdan a las hojas (trofófilos).

La corola está dentro del cáliz y sus piezas son los pétalos, que originariamente son trofófilos que han sufrido modificaciones perdiendo el color verde y que se han coloreado vivamente.

El periantio es el conjunto de cáliz y corola. Normalmente es doble, pero ocasionalmente puede ser simple denominándose periantio asépalo, si faltan los sépalos o periantio apétalo, si faltan los pétalos. Cuando el periantio falta por completo la flor se denomina flor desnuda.

Las piezas del cáliz y de la corola pueden estar entre sí libres o soldadas. La indicación de que están libres nos la da la palabra diali (p.e. dialisépalo) y cuando las piezas están soldadas se utiliza el prefijo gamo (p.e. gamosépalo). Las piezas son normalmente iguales entre sí, pero en ocasiones pueden ser de distinto tamaño o forma, se antepone entonces la palabra hetero (p.e. cáliz heterosépalo).

Todas las piezas, por lo menos en las flores más evolucionadas, se sitúan en circunferencias concéntricas que reciben el nombre de verticilos. Los dos verticilos más externos suelen ser ocupados por el periantio. En las flores de tipo primitivo, la disposición no es cíclica, se dice que es una disposición acíclica, siendo la más común la helicoidal. A continuación, vienen los verticilos (3° y 4°) ocupados por la parte masculina, el androceo cuyas piezas se denominan estambres (son esporófilos modificados o microsporoófilos). El estambre suele aparecer en gran número, o al menos en igual número que piezas perianticas tiene la flor. El 5° verticilo es el más interno y está ocupado por la parte femenina, el gineceo o pistilo y sus piezas se denominan *carpelos* (son también esporófilos, el macrosporófilo).

Podemos encontrar cuatro tipos distintos de simetría en la flor:

**Polisimetría:** son muchos planos de simetría, se da en las flores actinomorfas o flores radiadas.

**Simetría bilateral:** se observan dos planos de simetría, también de llama simple disimétrica.

**Monosimetría:** se da un único plano de simetría, flor cigomorfa.

**Sin simetría:** en flores asimétricas, p.e. flores helicoidales.

Las flores frecuentemente se modifican y, p.e. pueden existir flores unisexuales que se tienen un periantio reducido y que se agrupan en inflorescencias, son los *amentos* que pueden ser masculinos o femeninos. Las flores masculinas y femeninas se pueden situar en un mismo pie o en pies distintos, teniendo una planta monoica en el primer caso y una dioica en el segundo. Una planta dioica no puede tener flores hermafroditas, tiene que presentar flores unisexuales en pies distintos.

#### Ejemplos de distintos tipos de flores:

En las papilionáceas la corola es heteropétala, presenta un pétalo grande llamado estandarte, dos medianos denominados alas y dos más pequeños que forman la quilla y que están algo concrecentes. Este tipo de flor únicamente da lugar a un plano de simetría.

En las flores radiadas existen muchos planos de simetría, un ejemplo es la flor de la fresa.

En las labiadas todas las piezas en general están soldadas (cáliz y corola soldados) y formadas frecuentemente por dos labios. Este hecho implica una evolución hacia la polinización por parte de los insectos.

En la flor de la patata la corola es radiada pero tiene los pétalos soldados.

Dentro de angiospermas hay un grupo, las monocotiledóneas, cuyo periantio es doble, se confunden las piezas corola y cáliz. A este tipo de periantio se le denomina perigonio. Las piezas del perigonio no son pétalos ni sépalos, sino que reciben el nombre de tépalos. Se sabe que forma la corola y que forma el cáliz gracias a la posición de éstos en los verticilos, así los tépalos más externos son los que corresponden a los sépalos.

Las piezas se insertan en un receptáculo que puede ser cóncavo, convexo o plano. Cuando el receptáculo es cóncavo, el verticilo más interno (gineceo) se sitúa dentro de la concavidad mientras que el resto de las piezas se sitúan por encima. Es una flor de gineceo u ovario ínfero. Este tipo de ovarios da lugar a frutos algo anómalos, el fruto resulta de la pared del carpelo, pero en este caso también se desarrolla el receptáculo. Cuando tenemos el receptáculo convexo, el verticilo más interno (gineceo) está más elevado que el resto de las piezas, se habla de un gineceo u ovario súpero como ocurre con la familia de las crucíferas.

Entre estos dos casos se presentan situaciones intermedias (gineceo medio, semiínfero...).

Las gimnospermas también tienen flores. En el pino, en los brotes primaverales que se están organizando se encuentra una parte femenina y otra parte masculina en forma de pequeñas piñas. Se tienen gran cantidad de pequeñas piñas femeninas con muchas escamas que presentan en el interior dos óvulos que no están protegidos. Si se coge la escama podemos decir que se trata de una flor femenina, pero realmente son dos escamas, una que se denomina escama tectriz, y otra más interna que es la escama seminífera. Una de estas se desarrolla tras la fecundación de los óvulos. Las flores masculinas

también forman pequeñas piñas en donde cada escama puede presentar dos estambres. Las piñas masculinas tras la polinización suelen caer, pero la femenina permanece en el árbol. Una vez se desarrollan durante un tiempo estarán cerradas y cuando cumplen dos años abrirán las escamas para dejar salir las semillas.

#### **Inflorescencias.**

Las flores frecuentemente aparecen juntas y forman inflorescencias que son de dos tipos generales, racemosas (que tienen teóricamente crecimiento ilimitado) y cimosas (que presentan crecimiento predeterminado desde el principio).

Dentro de las inflorescencias racemosas nos encontramos las espigas cuando las flores están sentadas sobre el eje. Tenemos el racimo cuando las flores presentan un pedúnculo más o menos alargado. El corimbo resulta al nacer las flores a distinta altura en los nudos, pero estas flores alcanzan después prácticamente la misma altura. La umbela se da cuando las flores en el mismo sitio (aparentemente) y alcanzan la misma altura, en este caso no se ven los entrenudos. Se dan casos compuestos, p.e. cuando se producen varios casos simples como una umbela compuesta o un racimo de racimos (panícula). El amento es una espiga de flores unisexuales y el *capítulo* es una inflorescencia racemosa en la que muchas flores sentadas se agrupan en un talamo grande y que externamente tienen una serie de brácteas, la corola tiene cinco piezas soldadas y puede formar flores en tubo (flosculosas) y flores en lengüeta (líguladas); en principio es hermafrodita, pero también se puede presentar como un capítulo unisexual. El pseudanto es una inflorescencia con apariencia de flor y que funciona como una unidad. Se obtienen así multitud de frutos que se diseminan muy bien.

Las inflorescencias cimosas pueden ser monocasio y dentro de este nos podemos encontrar con cuatro tipos distintos como el drepanio y el flavelo (escamas alternantes) que se disponen en el plano, o cuando dan vueltas en el espacio y tenemos cincino (de forma quebrada) y el bóstice (quebrada hacia adentro). También pueden ser dicasio y pleocasio.

#### **TEMA XI: EL ANDROCEO.**

Es la parte de la flor que ocupa normalmente el tercer y cuarto verticilo.

El estambre.

Las piezas del androceo se denominan estambres. Un estambre realmente es un microsporófilo, un esporófilo que ha evolucionado. Un estambre consta de una porción más o menos alargada, es el filamento que tiene en el extremo la antera donde se sitúan los microsporangios. La antera consta de dos porciones denominadas tecas. Un estambre normal consta de dos tecas y recibe el nombre de ditécico, pero también los hay monotécicos. Ambas tecas están soldadas por un tejido estéril que se denomina *conectivo*. Cada antera consta de cuatro sacos polínicos. Los estambres se pueden presentar libres o soldados. La soldadura puede ser por los filamentos o por las anteras. En las papilionáceas los estambres están unidos por los filamentos formando un haz en las monoadelfas y dos haces en las diadelfas. En las compuestas los estambres están soldados por las anteras (sinanteria o singenesia).

En ocasiones los estambres de un verticilo son más grandes que los del otro, la partícula *dinamia* se aplica frecuentemente al desigual desarrollo de los estambres (didinamia cuando dos son más grandes y tetradinamia cuando son cuatro los más grandes). La didinamia se da en las labiadas y la tetradinamia es frecuente en las crucíferas.

Los estambres del tercer verticilo suelen situarse de manera opuesta a los sépalos, los del cuarto a los pétalos, aunque esto puede variar. También los estambres pueden soldarse a otros verticilos (p.e. en las

labiadas los estambres están soldados en la corola). Si los estambres se sueldan a los verticilos externos también se pueden soldar al gineceo (verticilo interno) formando el ginostemo o androginoforo.

El filamento puede presentarse o estar ausente. Algunos estambres degeneran y se transforman en estaminoides, otros carecen de antera representando un papel secundario (excreción de determinadas sustancias atractivas para insectos).

En las orquídeas se ha conseguido que el conjunto del polen forme una unidad, un *polinio*. El insecto en cuestión coge el polinio y se lo pasa. Las anteras tienden a orientarse para una óptima polinización dependiendo de los diferentes tipo de vectores de polinización. Si las anteras se orientan hacia fuera se denominan extrorsas, pero si lo hacen hacia adentro se denominan introrsas.

#### Apertura del saco polínico:

Puede producirse una dehiscencia poricida que se produce por poros. También por dehiscencia longitudinal cuando se forma una hendidura a lo largo de la antera. La dehiscencia transversal cuando se forma una hendidura perpendicular al eje mayor de la antera. La dehiscencia por ventallas cuando se forma una especie de ventanas.

#### Inserción antera-filamento:

Es basifija cuando la antera se une por la base al filamento. Es dorsifija cuando la antera se une por el dorso al filamento.

#### Interior de la antera.

La antera consta de una serie de células de las que destacan cuatro, que son las iniciales, las que forman el arquesporio. Las células se multiplican, se dividen y se diferencian. El resultado final es que cada saco polínico está rodeado por una serie de capas desiguales tanto funcional como morfológicamente. En la parte más externa tenemos la epidermis, que normalmente es uniestratificada. A continuación, hacia el interior tenemos el estrato fibroso, que nos indica una estructura rígida relacionada con la apertura de la antera, da lugar a unas células muy grandes y resistentes que al final se rasgan. La tercera capa es el estrato intermedio que no tiene un papel destacado. El cuarto estrato es el tapete nutriceo que está formado por células encargadas de nutrir a las células madres del polen. El último estrato es el ocupado por las células madres del polen. Cada uno de los cuatro ángulos de la antera presenta esta organización. Entre las dos tecas tenemos un tejido estéril que se denomina conectivo. Las células madres en principio son diploides (2n) pero tiene lugar la meiosis hasta constituir, a partir de cada una las cuatro células haploides. Cada una de estas células haploides se constituye tras las modificaciones pertinentes en el grano de polen.

El grano de polen, esquemáticamente se caracteriza por una cubierta muy gruesa, muy elaborada, y se distinguen en ella dos porciones: la exina y la intrina (esta cubierta es muy resistente). La ornamentación de la exina es tan característica dentro de cada especie, que frecuentemente se puede identificar la especie a la que pertenece, es la equivalencia a la huella dactilar y tiene su interés en micropaleontología en donde las estructuras vegetales se han perdido, como los casos en los que no hay fósiles pero se conservan los granos de polen. Se garantiza mejor un viaje con esta estructura, supone una resistencia frente a condiciones adversas. Entre otros tipos de ornamentos, se pueden ver unas hendiduras o agujeros que son estructuras destinadas a la formación del tubo polínico.

#### Tipos de granos de polen:

Un tipo es el grano de polen vesicular en el que dos vesículas llenas de aire que mantienen en suspensión

al grano de polen lo máximo posible. Este es un caracter primitivo. Otros granos de polen tienen mecanismos para viajar agarrados a los insectos.

El grano de polen inaperturado es completamente liso, y el tubo polínico podrá salir por cualquier sitio.

Las tétradas son los granos de polen que proceden de una célula madre y que quedaron unidos tras la meiosis.

El grano de polen monocolpado presenta una hendidura por la saldrá el tubo polínico, en el tricolpado las hendiduras son tres, mientras que en estefanocolpado tenemos muchas hendiduras. Los granos de polen heterocolpados presentan hendiduras no homogéneas.

El grano de polen monoporado presenta un único poro, el triporado tiene tres poros y el estefanoporado presenta muchos poros en un mismo plano. Un grano de polen ontoporado presenta muchos poros por toda la superficie. El grano fenestrado tiene poros muy grandes.

Un grano de polen es tricolporado cuando presenta tres poros y hendiduras. Es estefanocolporado si presenta muchos poros y hendiduras.

En el interior del grano de polen se sitúa el gametofito masculino, que es haploide, y se destaca la presencia de al menos una célula que suele ser grande y que es la encargada de organizar el tubo polínico. Otra célula más pequeña será la célula generativa y será la encargada de dar lugar a los gametos.

El gineceo.

El quinto verticilo es ocupado por el gineceo. El gineceo se compone de una o varias piezas denominadas carpelos. Cada carpelo consta de tres porciones: una parte receptiva del polen (estigma), una alargada (estilo) que orienta adecuadamente el estigma, y por último tenemos la base (ovario) que contiene los óvulos. Los gineceos pueden constar de una o varias piezas, los carpelos, que pueden ser libres o soldados. Los que se sueldan parecen hacerlo de dos maneras: soldados por el margen con lo que se tienen tres lóculos, o también pueden soldarse dando lugar a una cavidad unilocular. Los carpelos soldados son ovarios gamocarpelares, mientras que los libres son dialicarpelares.

Los tamaños y las formas de las partes de un gineceo son variables. El estigma es más grande en flores con polinización debida al viento. En flores de polinización debida a insectos el estigma tiende a ser más pequeño. El tamaño del estilo es también variado. Oscila desde muy largo hasta inexistente (entonces el estigma es sentado).

Los carpelos han evolucionado a partir de hojas o esporófilos, en este caso macrosporófilos. Su importancia radica en que en el interior del ovario quedan encerrados uno o varios óvulos. Un óvulo típico angiospérmico consta de dos envueltas llamadas tegumentos, uno externo y otro interno que encierra en el interior a un tejido (nucela) y en la base presenta un estrechamiento denominado funículo, por el que queda unida alguna zona del ovario. Dependiendo de la zona por donde quede unido el ovario se tienen los distintos tipos de placentación. La placenta es el tejido nutricio del carpelo (ovario) en donde se insertan los óvulos, este tejido presenta tejidos conductores. Este tejido conductor suele denominarse chalaza y comunica con la placenta. Queda un orificio que se denomina micropilo y que es por donde más fácilmente se poliniza el óvulo.

#### *Tipos de placentación:*

En la placentación parietal la unión se produce directamente en la pared del carpelo. En la placentación

marginal la unión se produce en el margen. Puede haber muchas variantes. En la placentación axial se destaca la existencia de un eje. En la placentación basilar la unión se sitúa en la base. La placentación pendular si la unión se sitúa arriba, los óvulos son pendientes. La placentación erecta se da cuando la unión se sitúa abajo y los óvulos son entonces erectos.

### Tipos de óvulos:

El óvulo atropo es aquel que tiene el micropilo arriba y el funículo abajo. Si el óvulo se ha dado la vuelta con el funículo y el micropilo uno al lado del otro se habla de óvulo anatropo. Tenemos casos intermedios como el campilotropo.

El gametofito se tiene que organizar en la nucela, que hasta ahora es diploide. De las células iniciales hay una subepidérmica o hipodérmica, que es la que más divisiones interesantes sufre. Una célula sufre la meiosis y se inicia la fase haploide donde tres de las células degeneran y queda una única que aumenta su tamaño y que se denomina célula del saco embrional o gametofito femenino y el contenido sufre tres mitosis, con lo que se tienen ocho células que se disponen de manera especial. En las cercanías del micropilo se sitúan dos sinérgidas cuyo papel es la apertura del tubo polínico y la oocélula. En medio tenemos dos núcleos que no se constituyen en células y que se fusionan, son los núcleos secundarios del saco embrional y que pasan a ser diploides. En el otro extremo se encuentran las antípodas que son reliquias y que en principio no tienen papel definido. La evolución en plantas superiores implica un dominio abrumador del esporofito sobre el gametofito.

En angiospermas se da una doble fecundación, la oocélula dará lugar a una estructura diploide, y los núcleos secundarios darán una estructura triploide ( $3n$ ), el endospermo que será un tejido nutritivo que alimentará al cigoto. El grano de polen consta de dos tipos de células, las células vegetativas que organizan el tubo polínico y las células generativas. El tubo polínico busca el óvulo. En angiospermas el tubo polínico es muy largo y atraviesa el micropilo, las sinérgidas hacen que se abra. Por el camino la célula generativa se divide en dos. La célula vegetativa se desorganiza junto con las sinérgidas y los gametos masculinos progresan de forma ameboide. Un gameto se fusiona con la oocélula y se forma el cigoto diploide auténtico y que constituirá la semilla. El otro se fusiona con el núcleo secundario constituyendo el cigoto triploide que servirá de tejido nutritivo al cigoto auténtico. El gametofito femenino se ha reducido a ocho células. En el momento que se inicia la formación del tubo polínico, la célula germinativa se divide y constituye los gametos carentes de flagelos. Se da una máxima reducción de los gametofitos.

En las gimnospermas los gametofitos se reducen, pero no tanto como en las angiospermas. Un típico grano de polen en las gimnospermas presenta sacos aeríferos. El contenido se divide varias veces, se tienen dos células protálicas que degeneran quedando una grande. Posteriormente vuelve a dividirse dando lugar a la célula vegetativa o anteridial. La célula generativa puede dividirse dando la célula pedicular que no tiene ningún papel. El gametofito masculino suele constar de 5 ó 6 células, muy frecuentemente los gametos masculinos en las gimnospermas aún se mueven mediante flagelos. La célula generativa da lugar a dos células espermáticas que frecuentemente se transforman en anterozoides, sólo uno fecundará, el otro sobra, se produce la fecundación simple. El gametofito femenino se organiza en el óvulo que está en la axila de la escama, ese óvulo normalmente tiene un único tegumento que encierra en el interior la nucela, donde destaca una célula que sufre una meiosis (se tienen cuatro células en columna), de estas cuatro tres células degeneran pero la restante sufre múltiples divisiones. En angiospermas se daban tres mitosis y en gimnospermas muchas. Se tiene un gametofito con estructura pluricelular que se denomina saco embrional donde se aprecian arquegonios (gametangios). En el interior destaca una gruesa oocélula (único cigoto).

## TEMA XII: POLINIZACIÓN.

La polinización se refiere a las plantas superiores, la vida dentro del agua permite el traslado de los gametos más fácilmente, los organismos que viven en el agua presentan gametos móviles, esto no siempre sucede así (p.e. alga roja). Con el paso a la vida terrestre se reorganiza todo, existe la tendencia evolutiva hacia la disminución de los gametofitos. A partir de los pteridófitos la fase de esporofito domina abrumadoramente. El microgameto masculino necesita de agua, tiene que nadar.

En gimnospermas y angiospermas se ha inventado el grano de polen, en cuyo interior se organiza el gametofito masculino que da lugar a los gametos que no salen al exterior, están independizados del agua. Se necesita un mecanismo que ayude al traslado del grano de polen. El polen se fabrica en los microsporangios de los estambres (sacos polínicos). El grano de polen es altamente resistente, pero tiene que trasladarse desde el saco polínico hasta el estigma o hasta el micropilo si es una gimnosperma (no tiene recipiente que cubra el óvulo). Este viaje se denomina polinización (el polen viaja y alcanza micropilo o estigma). Se puede realizar una subdivisión, el viaje puede ser debido al viento o a los animales. Se puede hablar entonces de plantas zoófilas cuando el vector de polinización son los animales y de plantas anemófilas cuando el vector de polinización es el viento. También podemos añadir la categoría formada por las plantas cuyo vector de polinización es el agua, son las planta hidrófilas.

Estrategias del traslado del polen.

Las plantas anemófilas presentan gran cantidad de flores que en el momento de su óptima polinización suelen sacar los estambres al aire. Este tipo de plantas tienen un gasto importante en la cantidad de flores, pero por otra parte no elaboran néctar ni perfumes para atraer a los insectos, ni tienen que ser vistosas. Suelen aparecer en grandes conjuntos, en inflorescencias normalmente unisexuales. Las flores femeninas tienen que presentar una amplia superficie de recepción de polen, para ello sus estigmas son grandes y, a veces, plumosos.

Las flores entomófilas representan un grupo de las zoófilas, que tienen una organización especial para que los insectos lleguen a ellas. Para ello utilizan elementos de atracción como corolas llamativas, alimento como el néctar o el mismo polen, perfumes. Las flores tienden a ser más llamativas y más grandes. La disposición de los estigmas y de los estambres es estratégica, de manera que el insecto se embadurne bien y pueda depositar el polen en la siguiente flor. Existe una gran relación entre las flores y los insectos o animales. Muchas flores emiten señales del tipo ultravioleta para guiar a los insectos hasta ellas. También muchas flores presentan pétalos modificados de forma que sólo aquellos que poseen una larga lengua llegan allí (p.e. lepidópteros). Las flores con espata hacen resbalar a los insectos, hay unas flores estériles que resultan ser unos apéndices que en determinados momentos son rígidos y en otros son flácidos, cuando están rígidos impiden que el insecto pueda salir de modo que este queda bien embadurnado, después los apéndices se vuelven flácidos y dejan salir al insecto.

Existen unas plantas que tienen dos polinios unidos a un traslator que se queda pegado al insecto que ha acudido a esa flor, de modo que el insecto se lleva con él el polinio hasta otra flor (este es el caso típico de las orquídeas).

Hay plantas de acuario (*Bellisneria*) que tiene flores femenina con un largo pedicelo que les permite salir a la superficie cuando maduran; las flores masculinas son muy pequeñas y se desprenden y flotan, el periantio se adapta adoptando la forma de barca, esta flor tiene un par de estambres con un par de granos de polen que fácilmente entran en contacto con la flores flotantes femeninas.

La flor en la higuera está dentro del higo, allí realmente existen tres tipos de flores, una es la *Galígena* que es estéril femenina y que presenta un pequeño desarrollo, otra es masculina y otra femenina. Existe una avispa que se denomina *Blastophaga grossorum* que siempre está cerca de la higuera. Existen varias generaciones de higos que contienen cantidades variadas de todas las flores. En la primera generación se tienen flores galígenas y flores masculinas, con el fin de que *Blastophaga* acuda y deposite

sus huevos en las flores galígenas que es el único sitio donde sus larvas pueden desarrollarse. En las generaciones siguientes fabrica flores femeninas fértiles, de modo que los *Blastophaga* que han salido de las flores de la primera generación, y que están embadurnados de polen, las fertilicen, ya que acuden a otros higos a realizar su puesta, pero en la segunda generación no se producen flores galígenas y la *Blastophaga* no puede realizar la puesta. En la tercera generación de nuevo vuelven a existir flores galígenas. Este ejemplo nos indica que existe una fuerte relación entre insecto y árbol.

### Tipos de polinización:

La autopolinización se da cuando la misma flor (hermafrodita) no impide que se polinice. En ocasiones la polinización puede ser facultativa, pero en otros casos la flor está obligada a realizarla. En la cleistogamia la parte masculina y la parte femenina maduran antes de que el periantio se abra, y normalmente cuando este se abre la flor ya está polinizada. En ambientes hostiles en los que hay pocas plantas o pocos animales, se tiende a la autopolinización.

La polinización cruzada supone el cruce entre especies separadas. Existen diversos mecanismos que facilitan la polinización cruzada y que dificultan la autopolinización.

Uno de estos mecanismos es la autoesterilidad en la que el polen de una flor es infértil para esa flor, existe una incompatibilidad de principio.

La heterostilia supone que contamos con estambres cortos y estigmas largos, una flor macrostila; también puede suceder que la flor tenga los estigmas cortos y los estambres largos; el estigma tiene unas papilas de un tamaño determinado, de modo que se forman granos de polen de distinto tamaño, el tamaño del polen tiene que ser exacto para ajustar en las papilas ya que si no, no puede polinizar esa flor. Un mecanismo muy bueno consiste en que la maduración de la parte femenina y la parte masculina de la misma flor se produzca a diferente tiempo, de manera que no pueden coincidir la maduración del polen y del estigma. Cuando la parte masculina madura antes se habla de proterandra y cuando la parte femenina madura antes se habla de proterogonia. En flores distintas puede darse el fenómeno al revés, entonces forzosamente habrá polinización cruzada.

Otro mecanismo consiste en la separación en el espacio de los estambres y el estigma, esto se puede conseguir con una orientación distinta. Si la maduración es coincidente podrá evitarse un poco la autopolinización pero, no se garantiza al 100% la polinización cruzada.

### TEMA XIII: GAMETOFITOS EN GIMNOSPERMAS Y ANGIOSPERMAS.

El conjunto de plantas superiores capaces de organizar semillas recibe el nombre de espermatofitas. Este nombre induce a error puesto que alude a esperma, cualidad que no es única de estas plantas. Para el conjunto de plantas con semilla se puede hablar de Antófitas o Fanerógamas para el conjunto de plantas que tienen flores. Las flores de las angiospermas presentan un mayor grado de organización que las de las gimnospermas. En las gimnospermas las flores pasan desapercibidas, son poca cosa, y no recuerdan a una típica flor. Se sigue utilizando el término Fanerógama para el conjunto de las angiospermas y las gimnospermas.

Organización de los gametofitos en Fanerógamas.

A)–. Gimnospermas:

Tomando el pino como ejemplo de las gimnospermas, decimos que tiene piñas masculinas y piñas femeninas. La piña es interpretada como la flor de las gimnospermas. Una piña posee escamas en la base, que son interpretadas como el perianto. Esas escamas en las flores masculinas no son ni más ni

menos que conjuntos de sacos polínicos. La piña femenina consta del perianto en la base y una serie de escamas, cada una de las cuales tiene dos óvulos.

### *Piña masculina:*

La piña masculina tiene muchos estambres, es un microsporangio, cada estambre posee muchos de granos de polen que se han formado por las pertinentes meiosis. Los granos de polen tienen dos vesículas aeríferas, además de una cubierta exterior (exina) y otra cubierta interior (intina). La exina organiza las partes aeríferas y la intina está más en contacto con lo que es el grano de polen en sí. El grano de polen es la microspora que tiene que organizar el gametofito masculino. Existen una serie de células que finalmente degeneran (protálicas) o que no tienen ningún papel (pedicular), únicamente queda la célula generativa o anteridial que dará lugar a los dos gametos y la célula vegetativa que dará lugar a la formación del tubo polínico.

En el pino los gametos no son flagelados, pero en otras gimnospermas más primitivas esto no ocurre, por ejemplo el *Ginkgo biloba* si que posee gametos con flagelo o anterozoides. Las cicas también son gimnospermas con caracteres arcaicos.

El gametofito masculino se organiza en el interior, el tubo polínico en el pino es corto, y a veces presenta ramificaciones laterales que no tienen mucho sentido. La célula generativa da lugar a dos gametos, dividiéndose, este fenómeno ya ocurre en contacto con la nucela. Cuando la piña masculina suelta el polen cae al suelo.

### *Piña femenina:*

Las escamas en la piña femenina son dobles, con la escama seminífera que es doble y que tiene dos óvulos, y la escama tectriz que es más pequeña y que se sitúa en la parte de afuera. En la escama seminífera hay dos óvulos, que en gimnospermas cuentan con una envuelta (tegumento) que rodea la parte central o nucela que en principio es diploide. Pero allí una célula sufre una meiosis, y de esa meiosis se obtienen cuatro células, de las cuales tres degeneran y se conserva una célula madre haploide a partir de la cual se organiza el gametofito femenino que consta de multitud de células que diferencian en la zona del micropilo dos o más arquegonios muy sencillos, en donde por ejemplo el canal del cuello está reducido a la mínima expresión, lo más destacable de esos arquegonios es la presencia de una oosfera en cada uno. Contamos de dos a cinco arquegonios, pero en la mayoría de los casos son dos y normalmente de estos dos sólo prospera uno.

El óvulo presenta el tegumento abierto durante la polinización, tiene una cámara polínica que está orientada hacia el eje de la piña (interior). En la cámara polínica se segrega una sustancia pegajosa capaz de retener al polen. Esa sustancia es reabsorbida y el polen alcanza la nucela. Una vez el polen está en el interior del óvulo, el tegumento se cierra. En la nucela se llevan a cabo múltiples divisiones (meiosis, degeneración y creación de arquegonios). Hay un largo periodo (pasos del 3 al 4 en fotocopias) de descanso que suele durar desde un invierno hasta la primavera siguiente, esto es que a medio organizar el tubo polínico, el grano de polen para el desarrollo de éste, y al mismo tiempo que los óvulos ralentizan su propio desarrollo. El desarrollo no prosigue hasta la primavera, de modo que la polinización tiene lugar en un año y la fecundación ocurre al año siguiente. Después prosigue la formación del tubo polínico y el desarrollo del gametofito femenino con la formación de los arquegonios.

El paso siguiente será la puesta a punto de los arquegonios, así como del tubo polínico. Dependiendo de los granos de polen se fecundan uno o más arquegonios, pero de todos ellos únicamente prevalece uno, que tiende a acaparar todas las sustancias nutritivas que se van incluyendo en la nucela. En cada arquegonio, el cigoto una vez se forma (fecundación simple), en primer lugar se divide dando varias

células (3 ó 4). La división se realiza en primer lugar transversalmente, y después longitudinalmente y se alargan las células. Estas células que se han alargado reciben el nombre de suspensor y empujan a las células terminales (zigotos) para situarlas estratégicamente en una zona del extremo con mayor cantidad de nutrientes. De todos los zigotos hay uno que se desarrolla mejor y el resto degenera. El que se desarrolla se transforma en embrión y constituirá la semilla, que tiene una envuelta que es el tegumento modificado y que actúa como cubierta. En el interior pueden quedar restos de nucela que en muchos casos actúa como sustancia nutritiva. En la semilla se forma la joven planta. Esa joven planta se deshidrata y ralentiza su crecimiento entrando en un estado de resistencia, este proceso es ayudado por una cubierta exterior muy fuerte. Hay gimnospermas que no ralentizan el desarrollo y que no se pueden considerar sus semillas como auténticas.

A la vez que se organiza la semilla en el pino, se organiza en la escama seminífera una pequeña lámina que queda adherida a la semilla y que constituye un ala que actúa como un pequeño órgano de diseminación. Una semilla ya cuenta con una joven planta. En este embrión se observa un pequeño tallo y varios cotiledones.

**B)–. Angiospermas:**

Las flores de las angiospermas son muy distintas a las de las gimnospermas. En las gimnospermas las flores son unisexuales con distribución monoica o dioica. En las angiospermas las flores además pueden ser hermafroditas.

Normalmente en los estambres (microsporangio) hay cuatro sacos polínicos y en el interior de cada saco se organizan los granos de polen. Después de las pertinentes meiosis se obtiene una célula inicial que sufre la mitosis obteniéndose una célula vegetativa y otra generativa. En las angiospermas el tubo polínico es largo y no se produce la ralentización del proceso como en las gimnospermas. La célula generativa dará lugar a dos gametos que no tienen flagelos, se mueven ameboidemente. Se tienen dos gametos o células espermáticas. El gametofito masculino está reducido a la mínima expresión (una célula que da el tubo polínico y dos gametos útiles los dos).

El óvulo normalmente tiene dos tegumentos que rodean a la nucela, en la que destaca una célula que sufre meiosis, dando cuatro células de las cuales degeneran tres quedando una única célula madre del saco embrional (macrospora), que en el caso más general sufre tres mitosis (se tienen 8 células). Estas 8 células o núcleos se sitúan tres arriba, tres abajo y dos en el medio. Las tres cercanas al micropilo conforman el aparato ovular que constituye dos sinérgidas y el auténtico gameto (oocélula), las sinérgidas facilitan la apertura del tubo polínico. En el polo opuesto tenemos las tres antípodas y en el medio los dos núcleos polares o células secundarias del saco embrional que se transforman en un núcleo diploide al fusionarse y que también será fecundado.

En las angiospermas se produce la doble fecundación, es fecundada la oocélula que da un cigoto diploide y que se transforma en el embrión. Pero también son fecundadas las células secundarias del saco embrional formando un cigoto triploide que constituye el endospermo (caso más típico en las angiospermas). El endospermo es el que suministra el alimento. El endospermo queda en ocasiones en la semilla, pero a veces es consumido por el camino.

La semilla presenta una parte envolvente formada por dos tegumentos que se transforman en cubierta. En el interior de la semilla puede haber restos de nucela y de endospermo y hay un embrión que en un grupo de las angiospermas presenta un cotiledón y en otro grupo tiene dos cotiledones. El carpelo puede formar otra cubierta protectora transformándose en fruto, cosa que no ocurre en ninguna gimnosperma ya que, aunque presenten cubierta, no tienen carpelo.

**TEMA XIV: LA SEMILLA Y EL FRUTO.**

La semilla es una estructura que aparece en las plantas superiores (espermatofitas). La semilla no es ni más ni menos que una joven planta (primordio de planta) que se encuentra en una situación de resistencia, de protección, por lo que es capaz de pasar condiciones adversas. Así, la planta se garantiza mucho mejor su existencia que plantas menos organizadas como los briófitos y pteridófitos. La semilla aparece tanto en gimnospermas como en angiospermas. Gimnosperma significa semilla desnuda, lo que no quiere decir que no tenga algún tipo de protección, ya que forman una estructura que recibe el nombre de pseudofruto. La protección auténtica se produce en las angiospermas, que tienen óvulos encerrados en carpelos y que tras la fecundación se desarrollarán constituyendo los frutos.

La semilla presenta cubiertas protectoras que provienen de los tegumentos de los óvulos. Dentro de la cubierta se encuentra el primordio, y algunas veces podemos encontrarnos el endospermo como tejido de reserva. El origen de este endospermo es distinto para las gimnospermas y para las angiospermas.

En angiospermas se da la doble fecundación, se forma un cigoto diploide y una célula triploide que se desarrolla y que da lugar al endospermo. Así, este endospermo procede de una fecundación de un proceso sexual. En las gimnospermas, en el interior de la nucela se desarrolla la macróspora y da lugar al endospermo que es haploide y que presenta varios arquegonios, no procede de una fecundación.

El endospermo sufre un desarrollo coordinado con el del cigoto, con el fin de suministrar a éste las sustancias nutritivas. En angiospermas sólo se desarrolla un cigoto, pero en el caso de las gimnospermas existe una dura pugna ya que se desarrollan varios cigotos de los que prevalece siempre el mejor. En unas ocasiones el endospermo se consume, en otras no.

Fundamentalmente, se produce un suspensor que empuja al cigoto auténtico a una zona adecuada para su alimentación, este cigoto sufre múltiples divisiones y da lugar al inicio de la raíz y del tallo. A una semilla bien formada se le aprecia el epicótilo, el hipocótilo, la cubierta y los cotiledones. Los cotiledones actúan de almacén en la joven planta, y por eso se puede decir de ellos que son las hojas de la joven planta. Estos cotiledones, en una germinación epigea pueden tener clorofila y actuar de hojas. En las germinaciones hipogeas no se aprecia ningún rastro de clorofila en los cotiledones.

Si el embrión es el rudimento de la planta, el rudimento seminal es el óvulo. En ocasiones la semilla es acompañada por pequeñas formaciones, que normalmente están encaminadas para su diseminación, para la atracción de algún animal. Estas formaciones proceden del funículo o de alguna porción cercana al óvulo.

**El fruto.**

Lo primero que se desarrolla es la raíz, tengamos en cuenta que la semilla es la joven planta que está deshidratada. En las angiospermas los óvulos (primordios seminales) están encerrados. Además de la cubierta de los tegumentos, existe otra protección externa que es dada por el fruto. Sincrónicamente al desarrollo de la semilla tiene lugar el desarrollo del fruto. Un fruto es el ovario fecundado y maduro. La pared del carpelo desarrollada se denomina pericarpio.

Existen dos tipos de endospermo fundamentales. El endospermo nuclear, se produce la división rápidamente sin que se formen células y sólo al final se da una tabicación en principio por muchos núcleos periféricos. El tipo endospermo celular presenta células que se han dividido dando tabiques. Hay un tipo intermedio de endospermo que se denomina helobial y que presenta una parte nuclear y otra celular.

En el pericarpio, normalmente se distinguen tres porciones: el exocarpio, el mesocarpio y el endocarpio. Tomando una aceituna como ejemplo, el exocarpio sería la delgada piel exterior, el mesocarpio correspondería a la parte carnosa y el endocarpio sería el hueso de la aceituna y que contiene las

semillas.

### Tipos de frutos:

La drupa consta de una parte externa carnosa y una parte interna leñosa. En ocasiones, en el fruto aparecen, o se adhieren, formaciones externas a los carpelos. En la familia de las rosáceas tenemos gran cantidad de árboles frutales (manzano, peral, membrillo, etc.). Éstos tienen ovario ínfero, el receptáculo floral es cóncavo, muy doblado situándose en el interior del gineceo, el carpelo. El receptáculo suele soldarse al carpelo desarrollándose sincrónicamente con éste tras la fecundación. Además del pericarpio también se desarrolla el receptáculo, de manera que el fruto forma una gruesa pared carnosa que corresponde al desarrollo del receptáculo, es el fruto en pomo. Todavía se pueden apreciar los sépalos y en el extremo superior se observa el cáliz y los estambres.

El fruto dehiscente es un fruto que se abre en la madurez dejando salir las semillas.

El fruto dehiscente es el que no se abre, pero al final forzosamente se ha de abrir y la apertura se realiza mediante grietas o la destrucción del propio fruto, esta destrucción deja salir las semillas.

Un fruto en nuez es un fruto seco, todo el pericarpio es leñoso (avellana). La nuez de nogal no es un fruto seco, no es un fruto en nuez, como tampoco lo es la almendra. La nuez y la almendra tienen una parte exterior más o menos carnosa que se desprende, por lo tanto son drupas. Los frutos carnosos cuentan en el pericarpio con células vivas durante cierto tiempo, circunstancia que no se da en la nuez en la que las células del pericarpio están muertas.

En la baya todo el fruto en sí es carnoso (p.e. tomate). La drupa es la situación intermedia entre la baya y el fruto en nuez.

Un esquizocarpo proviene de un ovario de varios carpelos que al final se dividen en trozos que contienen una semilla (monocarpo, monoespermo). La legumbre es dehiscente y está formada por artículos monoespermicos cada uno de los cuales tiene una semilla.

El rábano (crucífera) es una silícula ya que el fruto es largo pero que no se abre por lo que se denomina falsa silícula o silícula. Se puede fragmentar en artículos monoespermicos. El carpelo se abre por un lado.

La legumbre se abre por dos grietas a ambos lados. En las crucíferas, la silícula procede de un ovario con dos carpelos soldados (*Diplotaxis*), en la maduración se abre la silícula (dos valvas) y hay un tabique que contiene las semillas. Se separan los carpelos en la maduración.

Gran cantidad de frutos proceden de ovarios de varios carpelos soldados (pluricarpelar), que forma estructuras variadas y cuyo mecanismo de apertura también es variado. En general, se denominan cápsulas. A este nombre se le añade otro que hace referencia a la zona por la que se abre la cápsula. Así tendremos cápsula septicida cuando presenta septos; cápsula operculada o pixidio cuando tienen una tapa por donde salen las semillas y que recibe el nombre de opérculo; cápsulas poricidas.

El fruto es un mecanismo de las plantas que ayuda a la dispersión de las semillas. La diseminación de las semillas depende del agente (agua, viento, animales). Los frutos evolucionan para optimizar, así tenemos frutos carnosos para que se los coman los animales y abonan las semillas; frutos alados para que el viento los traslade, pero funciona mejor la posesión de una especie de paracaídas como en el caso de las compuestas, así la semilla recorre grandes distancias; frutos adaptados a la dispersión por gotas de lluvia de manera que la gota de lluvia golpea el fruto alejando las semillas, estos frutos son abiertos; hay algunas plantas cuyos frutos presentan determinadas tensiones, de manera que al madurar la tensión origina una salida rápida de las semillas, salida que puede ser provocada por varios

mecanismos (p.e. pepinillo del diablo); frutos con espinas o aguijones capaces de atravesar la piel de mamíferos y aves, los hay que se pueden clavar en las extremidades de mamíferos y que por rozamiento con el suelo pueden desprender las semillas

#### 4 – DISPERSIÓN Y EVOLUCIÓN.

### TEMA XV: TAXONOMÍA Y SISTEMÁTICA.

En Botánica se estudian cuatro de los cinco reinos que existen. La taxonomía, realmente incluye normas para clasificar adecuadamente a los organismos. Hay muchos sistemas de clasificación, unos de éstos son naturales y otros son artificiales. Lo más lógico es basarse en los aspectos naturales (filogenéticos), éstos no son fáciles de seguir puesto que la evolución ha dado una variedad tan grande que, a veces, parientes, que por vivir en ambientes muy dispares se han diferenciado mucho y no resulta fácil agruparlos. También sucede que organismos que son muy distintos, al vivir en ambientes muy similares tienden a parecerse en algunos aspectos. Las clasificaciones tienden a tomar los aspectos filogenéticos, pero también se ayuda de los morfológicos (artificiales). Un primer problema que se plantea es la denominación dada al organismo, es importante aunar criterios, por lo que hace falta un acuerdo para que en el aspecto científico exista una sola denominación. De esta manera surge el Código Internacional de Nomenclatura, que reconoce una serie de categorías, que incluyen varias subcategorías, que incluyen otras más y así respectivamente. La categoría máxima es la de reino, que incluye varias divisiones, las divisiones incluyen varias clases, las clases órdenes, el orden varias familias, la familia tribus, la tribu incluye géneros que incluyen secciones, las secciones series, y dentro de las series se incluyen muchas especies. La especie es la categoría taxonómica básica y, en ella se sustenta toda la jerarquización de los organismos. Una especie es un conjunto de poblaciones formadas por individuos infértiles y aislado genéticamente de otros grupos próximos. Dentro de las especies aun se reconocen variedades, y dentro de éstas, formas. Éste es un orden jerárquico que se admite en el C.I.N.B. Existen categorías intermedias (p.e. subfamilia, superorden).

El peso de la sistemática cae sobre la familia, el género y la especie. Estas unidades son las que deben tener más base natural. El conocimiento que se tiene no es completo y se necesitan una serie de características artificiales. Para poder manejar los organismos es necesario tener una clasificación de este tipo.

Las primeras denominaciones de organismos se basaban en nombres vulgares, pero éstos eran distintos en cada lugar, además sólo se denominaba a las plantas que poseían alguna utilidad. Estos hechos suponen una falta de universalidad y de rigor. Se trató de aunar criterios con las denominaciones polinómicas (se utilizan varias palabras, p.e. *Malva sivestris folio sinuato*), pero resultó poco práctico. A Linneo se le ocurrió la idea de utilizar un binomio para denominar a los organismos, una primera palabra que es un nombre genérico que se escribe siempre con mayúscula, y una segunda palabra, el nombre específico, que ordinariamente es un adjetivo y se escribe en minúscula. Esta fue una idea que tuvo gran éxito. Linneo, como todos los naturalistas antiguos, creyó a las especies como inmutables, y juzgaba que cada una de ellas había de tener constancia en su organización mientras subsistiese y afirmaba que hay tantas especies diversas como formas fueron creadas en el origen (*Species tot sunt diversae, quot diversas formas ab initio creavit infinitum ens*). La nomenclatura de un grupo taxonómico se basa en la prioridad de su publicación, la fecha tiene importancia. El latín es la lengua de la nomenclatura biológica, los nombres tal como los entiende el C.I.N.B. han de ser necesariamente latinos o latinizados. Los cambios del Código de Botánica quedan reservados a una sesión plenaria de un Congreso Internacional de Botánica. Cada código es independiente de los demás y no hay interferencias entre ellos, por esto el Código de Botánica es ajeno al de Zoología. La nomenclatura tiene que ser específica teniendo que existir un nombre para cada organismo.

*Sufijos indicativos de rango en taxonomía:*

RANGO	HONGOS	ALGAS	RESTO GRUPOS
División	–mycota	–phyta	–phyta
Subdivisión	–mycotina	–phytina	–phytina
Clase	–mycetes	–phyceae	–opsida
Subclase	–mycetidae	–phycidae	–idea
Orden	–ales	–ales	–ales
Suborden	–ineae	–ineae	–ineae
Familia	–aceae	–aceae	–aceae
Subfamilia	–oideae	–oideae	–oideae
Tribu	–eae	–eae	–eae
Subtribu	–inae	–inae	–inae

Una clasificación fue debida a Wettstein. Esta clasificación es bastante artificial y no se usa. Wettstein cogió a los organismos vegetales y los subdividió en nueve troncos:

**T1. *Sahi zophyta*:** son los organismos procariotas.

**T2. *Monadophyta*:** se basa en la movilidad del organismo para que éste pueda ser incluido. Se exige un estado monadal, flagelado. Este tronco es muy amplio con muchos organismos desparentados entre sí.

**T3. *Mixophyta*:** es un pequeño grupo heterótrofo que incluye a los mohos mucosos.

**T4. *Bacillariophyta*:** es un grupo de algas, de protoctistas autótrofos que poseen la peculiaridad una pared celular de sílice (diatomeas).

**T5. *Conjugadophytas*:** es otro grupo de algas, de protoctistas autótrofos que tienen una reproducción sexual muy exclusiva, la conjugación. En realidad son un grupo de algas dentro de las algas verdes.

**T6. *Rhodophytas*:** son algas rojas que se agrupan basándose en sus pigmentos y asimilados, son protoctistas fotoautótrofos.

**T7. *Phaeophytas*:** son las algas pardas, tienen pigmentos enmascarados por una xantófila parda.

**T8. *Eutalophytas*:** son las verdadera talófitas, organismos pluricelulares, pero que no forman tejidos. En este tronco se incluyen organismos tan dispares que hoy en día están en troncos distintos (p.e. hongos y algas verdes).

**T9. *Cormophytas*:** son los organismos con tejidos.

## **TEMA XVI: ORGANISMOS PROCARIOTAS: REINO MONERA.**

En el reino monera se incluye a todas los organismos procariotas. Son muy antiguos, y se pueden subdividir en autótrofos (fotoautótrofos, quimioautótrofos) y heterótrofos. Dentro de la fototrofia se encuentran los que desprenden oxígeno (cianobacterias o cianofíceas) y los que no desprenden oxígeno.

**Cianobacterias.**

Las cianobacterias tienen un color verdeazulado, sus células son pequeñas, pero no tanto como las de las bacterias. Las células de las cianofíceas son 5–10 veces más grandes que las bacterias. No tienen

típicas estructuras de eucariotas, pero a pesar de ello presentan una organización que de afuera hacia adentro tiene una vaina que actúa como una protección frente a la deshidratación y que también ayuda a la estabilidad de las colonias. Esta vaina está compuesta de distintas sustancias (p.e. pectina). Más hacia el interior se encuentra una pared que está formada por ácido murámico y no por celulosa. Esta pared está formada por varias secciones, se pueden diferenciar hasta tres que presentan distinta composición, distinto grosor y distintas propiedades. Más internamente tenemos la membrana protoplasmática, el plasmolema que hace de límite entre la entrada y la salida. Dentro de la célula se distinguen dos porciones, una porción central que es más transparente, más incolora y que recibe el nombre de nucleoplasma y es allí donde reside el DNA celular; la otra porción se sitúa en la periferia del espacio intracelular y se denomina cromatoplasma o porción del protoplasma que tiene color.

La mayoría de las cianobacterias son pigmentadas, existen estructuras saculadas alargadas en el cromatoplasma, los tilacoides. Los tilacoides son característicos en cada especie. En el caso de las cianofíceas, estas tienen la clorofila A y una serie de pigmentos que la acompañan, como carotenos y xantófilas y que absorben las radiaciones donde la clorofila lo hace mal, o no lo hace, pasándole las radiaciones absorbidas a ésta. De esta manera todo el espectro visible puede ser absorbido. También se presenta un cuarto tipo de pigmentos, las ficobilinas que están localizadas en ficobilisomas, que se sitúa por fuera de los tilacoides. Estos ficobilisomas son muy característicos de las cianofíceas, siendo en su mayoría azules, y en algunos casos rojos. Las ficobilinas se pueden presentar en unos pocos grupos de algas eucariotas.

Al ser organismos autótrofos, los hidratos de carbono que utilizan están en forma de glucógeno. Este glucógeno forma pequeños granos dispersos por el citoplasma, estos gránulos son parecidos a los que tenemos en el hígado. Estos organismos también pueden asimilar nitrógeno atmosférico, cosa que no hacen los organismos eucarióticos. Acumulan ese nitrógeno.

### Morfología:

Dado que las cianofíceas sólo han formado algún tipo de colonias, se reconocen niveles morfológicos:

**Estado cocal:** es el más sencillo, el estado individual. Se da en el género *Chroococcus*. Puede estar fijo al sustrato, el extremo se fragmenta y puede generar esporas. Puede darse el estado de pleurocapsa cuando se da una división y aparecen varias células.

**Estado capsal:** es un estado en el que aparecen varias células que forman una colonia relativamente pequeña. Se da en el género *Gloeocapsa*.

**Estado cenobial:** implica una mayor organización de la colonia. Se presenta en los géneros *Merismopedia* y *Microcystis*.

**Estado trical:** es un estado filamentoso, que sin ramificaciones se presenta en el género *Lyngbia*. Se puede complicar al aparecer ramificaciones, algunas ramificaciones son falsas (producto de roturas). El género *Hapalosiphon* presenta auténticas ramificaciones. Los estados tricales pueden ser simples o múltiples cuando constan de varios filamentos.

### Movimiento:

Algunas cianobacterias se deslizan. Se considera que los procariotas no tienen flagelos, sino estructuras filiformes que les ayudan a moverse.

### Reproducción:

Las cianobacterias se reproducen de una manera asexual o de una manera parasexual (ya que para ser sexual hacen falta gametos).

Asexualmente se reproducen de una forma vegetativa que corresponde a la división celular, a veces a la esquizogénesis. En ocasiones organiza unas estructuras, las esporas que consisten bien en la fragmentación de porciones de la célula, o bien en la división del contenido repetidamente y al romperse la pared materna salen varias de estas porciones cada una de las cuales puede reproducirse en la célula materna. Se habla de exosporas(pedir).

#### Estados de resistencia:

Un intercambio de material genético entre dos individuos aparece relacionado con la reproducción. En términos generales se habla de estados de resistencia o aquinetos o aquinetosporas. Normalmente resulta que cuando las condiciones se vuelven adversas, se forma una pared en el interior de la cual se acumulan sustancias de reserva pasándose al estado de resistencia que permite la supervivencia en las malas épocas.

#### Propagación:

La propagación se asocia con la dispersión, llega un momento en que las células vecinas en un filamento se separan y se tornan convexas, este hecho sucede de tramo en tramo a lo largo del filamento dejando pequeñas porciones de 6–7 células, porciones que reciben el nombre de hormogonios y que tienen capacidad de reptar, con lo cual se permite la dispersión y la propagación de la especie. En los espacios por los que se trocea el filamento se forman zonas huecas. Puesto que se han formado hormogonios, éstos se separan y se propagan. El hormogonio no es un órgano de propagación.

Algunas cianofíceas presentan células más grandes que las vegetativas y que son más transparentes, estas células se denominan heterocistos y tienen el papel de la asimilación del nitrógeno atmosférico (gaseoso). Los heterocistos tienen sentido si hay relación entre esta célula y las vecinas, por esta razón muchos autores propugnan que las cianofíceas sean seres pluricelulares.

#### Distribución:

Al ser organismos de los que ya se tienen noticias desde hace 3500 millones de años, ya han tenido la capacidad de colonizar diferentes ambientes. Al ser procariontes son poco exigentes al medio, pero presentan una fuerte dependencia del agua. Desde hace 3500 millones de años producen oxígeno, este oxígeno va al agua y, cuando el agua está saturada, el oxígeno pasa al ambiente terrestre en el que se forma oxígeno libre, de manera que ya pueden aparecer los organismos que toman oxígeno libre.

Las cianofíceas se pueden encontrar en aguas marinas y continentales (incluso en lagos de montaña, o en las tuberías de agua corriente). Incluso pueden vivir en condiciones que muy pocos organismos soportan como zonas de alta temperatura, bajas temperaturas o aguas salobres. Por lo que se concluye que las cianofíceas son muy poco exigentes.

Tienen importancia como organismos formadores de estructuras calcáreas (p.e. estromatolitos o travertinos). Algunas cianofíceas viven en aguas salobres, lo que supone una existencia complicada ya que en las aguas salina y dulce las condiciones se mantienen constantes, pero en las aguas salobres pueden existir cambios alternativos de baja o alta salinidad.

#### Clasificación:

Las cianofíceas se clasifican en dos grandes grupos. Uno de estos grupos es el de *Prochloron* en el que

sólo hay una cianofícea que además de la clorofila A también tienen clorofila B, carece de ficobilinas. El otro grupo es el de las cianofitas, en el que se distinguen dos órdenes, el orden crococales y el orden nostocales en el que hay representantes que forman hormogonios, o bien heterocistos, cosa que no sucede en los crococales.

**TEMA XVII: ORGANISMOS EUCARIOTAS. REINO PROTOCTISTA.**

El paso de moneras (procariotas) a protoctistas (eucariotas) todavía no se ha dilucidado. Todos los protoctistas son eucariotas que en sus primeros estados se encuentran muy diversificados. No hay una clara definición de protoctista. Se sabe que los protoctistas no son animales puesto que no se desarrollan a partir de blástulas, no son plantas puesto que éstas se desarrollan a partir de un embrión, no son hongos puesto que éstos nunca presentan undulipodios (flagelos) y además no son procariotas. Todos los que presentan estas características son los denominados protoctistas.

Hay protoctistas autótrofos y heterótrofos. Los autótrofos reciben la denominación de algas, pero el conjunto de heterótrofos es muy vasto, por un lado tenemos a los mohos que pueden ser mucosos o acuáticos y por otro lado está el gran mundo de los protozoos que no los estudiaremos.

De acuerdo con Margulis, se pueden agrupar en 27 divisiones, son todos ellos de vida acuática (al menos en alguna fase de su ciclo) y muestran una mayor diversidad en tipo de vida y nutrición que los animales, hongos y plantas. De todas esas divisiones daremos un repaso a todas las autótrofas (algas) y a 7 de las heterótrofas (mohos).

**Mohos.**

En el enigmático poco conocido mundo heterótrofo de los protoctistas estudiamos los mohos, que presentan 7 divisiones. Los mohos tienen ciclos muy relacionados con el agua, de modo que se les puede encontrar sino dentro del agua en ambientes húmedos. Sólo en determinadas condiciones del ciclo pueden preferir un ambiente seco.

<b>MOHOS</b>	<b>Mucilaginosos</b>	<i>D. Myxomycota.</i>	
	<b>Acuáticos</b>		

<i>D. Acrassiomycota.</i>
<i>D. Laberintulomycota.</i>
<i>D. Plasmodiophoromycota.</i>
<i>D. Chytridiomycota.</i>
<i>D. Hiphochytridiomycota.</i>
<i>D. Oomycota</i>

Los mohos se caracterizan, en términos generales, por presentar ciclos en donde aparecen formas móviles monadales, o al menos formas móviles ameboides.

**Mohos mucilaginosos.**

Las cuatro divisiones organizan plasmodios distintos para cada una. Un plasmodio tiene forma de abanico con venas reticulares.

**División Myxomycota:**

El representante típico de esta división es el género *Stemonitis*. Son de vida saprófita, se alimentan de vegetales en descomposición que absorben o bacterias que fagocitan. Son de ciclo complejo en donde aparecen diversos estados ameboides, monadal y plasmodial, éste último suele ser el dominante. Los

estados monadales se denominan myxomonadales y los estados ameboides reciben el nombre de myxoamebas. Estas fases pueden pasar de una a otra dependiendo de si hay humedad o de si las condiciones son más secas. La fase de ameba suele ser corta, puesto que al poco tiempo suele darse la plasmogamia (fusión de protoplasmas de dos estados amebales), los estados ameboides han actuado a modo de gametos y como no hay diferencia entre unos y otros hablamos de isogamia. A continuación se forma el cigoto por la fusión de los núcleos (cariogamia). La célula inicial divide repetidas veces el núcleo y se constituye en una masa protoplasmática y plurinucleada sin ningún tipo de pared. Se forma un auténtico plasmodio, o plasmodio de fusión. En esta fase de plasmodio es en la que pasa mayor tiempo, es la fase dominante. El plasmodio es pues una masa desnuda de protoplasma que reptará por zonas ricas en materia orgánica, puesto que se alimenta sobre todo de bacterias. Puede encontrarse en las épocas en las que hay más materia orgánica en descomposición (p.e. el otoño, caída de las hojas). Este tipo no es fácil de cultivar en laboratorio, algunas especies son cultivadas para el estudio de algunas proteínas como las actinas y las miosinas, de las que son ricas. El plasmodio siempre progresa con el borde del abanico como parte anterior, mientras que la parte posterior es la zona de venas reticuladas. El protoplasma está limitado por un espesamiento periférico de éste, de manera que la parte interior es líquida y la periférica es espesa. Llega un periodo, más seco, en el que el plasmodio busca ambientes más aireados, tiene lugar el inicio de las fructificaciones, con la meiosis por en medio. Las fructificaciones que se forman suelen estar en zonas bien aireadas, facilitándose la dispersión de multitud de esporas que se han formado.

#### División Acrasiomycota:

Se utiliza como prototipo el género *Dictyostelium*. Presentan un ciclo sencillo con fase dominante de ameba que se alimenta sobre todo de bacteria y vive sobre vegetales en descomposición en ambientes húmedos o acuáticos.

A partir de una espora se produce la germinación y surge una ameba. La ameba busca zonas ricas en materia orgánica. Pasa mucho tiempo y llega un momento en que esta ameba segrega una hormona llamada acrasina, que actúa como reclamo para otras amebas. El momento de la secreción suele coincidir con un periodo más seco. Se aprecian unos regueros de amebas que tienden a reunirse atraídas por la acrasina. Las amebas se reúnen pero no se fusionan, forman el plasmodio de agregación, en el que cada ameba mantiene su independencia al agregarse. Forman curiosas estructuras, presentando un borde elevado por el lado por donde se desplaza. Las amebas van rotando de manera que se conforma el pseudoplasmodio de migración, en el que las amebas van todas juntas a un sitio adecuado y aireado donde fructifica. En este caso particular forma una estructura denominada sorocarpio, y en cuya formación participan todas las amebas. El sorocarpio consta de un filamento y un esporocisto que facilitará la dispersión de esporas por el aire. Este ciclo es un tanto incompleto (¿dónde está la meiosis?).

#### División Laberintulomycota:

Es un grupo más reducido de organismos que son fundamentalmente de vida acuática (aguas continentales y marinas), también los hay de ambientes húmedos. Algunos son saprófitos y otros son parásitos (p.e. en algas). Son muy desconocidos, por lo que se sabe se forma el plasmodio reticular, unos retículos gelatinosos por donde se desplazan unos organismos de vida ahusada (amebas ahusoides). El plasmodio reticular tiene capacidad para segregar enzimas y asimilar el producto resultante distribuido por todo el retículo para alimentar a la colonia. En ambientes de sequía pueden formar estructuras de resistencia. El biotipo ejemplo es *Labyrinthula*.

#### División Plasmodiophoromycota:

Son parásitos obligados, en su mayoría endógenos y algunos de ellos son importantes pues afectan a

plantas cultivadas por el hombre. Como prototipo ejemplo tenemos al *Plasmodiophora brassicae*, que es el responsable de la hernia de la col que ataca a las raíces de crucíferas.

El ciclo vital alterna el suelo y el interior de la raíz. En un primer momento se parte de zoosporas secundarias móviles mediante dos flagelos, por lo tanto necesitan el agua. Las zoosporas actúan como gametos (plasmogamia), se tiene una isogamia. Al formarse el cigoto (cariogamia), se infecta a un pelo radical introduciéndose. Esta célula inicial se divide repetidamente y a la vez suministra una hormona que hipertrofia las raíces, las raíces crecen y forman tumoraciones, en este caso la hernia de la col. Con las repetidas divisiones se ha llegado a la formación de un plasmodio, un plasmodio intracelular muy pequeño. Este plasmodio pasa por un estado acariótico (realmente los núcleos se hacen invisibles) y tiene lugar la meiosis. Al final del proceso se restituye el plasmodio, con los núcleos visibles, y acaba formándose multitud de quistes en el interior de las células, las células acaban lisándose y los quistes pasan de nuevo al suelo. Cada uno de los quistes, si las condiciones lo permiten, germina y da lugar a un estado monadal, una zoospora primaria, que nada activamente buscando otros pelos radicales, en los que se introduce organizando un plasmodio que se transforma en un esporocisto que acaba dando lugar a muchas esporas, que otra vez pasan al suelo. Las nuevas esporas primarias dan lugar a zoosporas secundarias que ya pueden fusionarse. Este endoparásito acarrea muchas pérdidas económicas.

### Mohos acuáticos.

Se caracterizan porque en alguna fase del ciclo presentan zoosporas, por lo que también son conocidos como mohos zoospóricos. En las clasificaciones antiguas este grupo se conocía como ficomicetes (hongos–algas o algas–hongos). Los mohos acuáticos también se caracterizan por su cuerpo vegetativo, en general sencillo, compuesto por paredes celulósicas o quitinosas. El cuerpo filamentoso también se puede considerar formado por hifas que se entremezclan y que forman micelios sencillos. Frecuentemente sus células se encuentran plurinucleadas, su cuerpo puede ser unicelular plurinucleado, o bien pluricelular plurinucleado. En algunos mohos acuáticos no se conocen estructuras sexuales, generalmente en los más sencillos. Tienen la importante misión, en general, de destruir lo que se fabrica. Actúan como saprófitos, pero pueden actuar como parásitos y matar al huésped y después actuar sobre él como saprófitos. Los mohos acuáticos se subdividen en tres grupos de acuerdo al tipo de zoospora. Los mohos acuáticos, por tener estructuras flageladas, se diferencian claramente de los hongos que nunca presentan estas estructuras flageladas.

### División Hiphochytridiomycota:

Presentan zoosporas con un flagelo barbulado (plumoso) y de tracción delantera, corresponde al tipo más sencillo. Son parásitos (de hongos o algas) o saprófitos de materia orgánica en descomposición.

El representante tomado para esta división es el género *Hypochitrium*. Los ciclos son a veces complejos, pero las estructuras presentadas son sencillas. Una zoospora viaja dentro del agua y llega a la superficie de un huésped, en donde la zoospora se enquistada. Tras este periodo breve, la zoospora inicia la formación que perfora, o que aprovecha algún poro, y se introduce en el huésped. Una vez en el interior desarrolla su cuerpo vegetativo. Tienen expansiones más o menos esféricas que suelen septarse (tabicarse). Este moho vive segregando potentes enzimas al exterior, éstos degradan la materia y los mohos absorben el resultado (los nutrientes). Este tipo de vida es similar al de los hongos.

Los tabiques entre las estructuras reproductoras (esporocistes) suelen ser normales y separan porciones reproductoras de porciones vegetativas. En el interior, el contenido en principio suele ser un protoplasma multinucleado y, en ocasiones, sale el contenido del esporociste, es una masa protoplasmática indiferenciada que termina por diferenciarse en multitud de zoosporas que presentan un flagelo barbulado. Estas zoosporas pueden nadar y alcanzar otro huésped. Se desconocen las estructuras sexuales.

### División Chytridiomycota:

Presentan zoosporas con un flagelo liso y de tracción trasera. Estos mohos también son saprófitos o parásitos, o ambas cosas a la vez. Forman estructuras muy sencillas que, o bien pueden introducirse en el interior de un huésped, o bien pueden quedar en la superficie pero emitiendo hacia el interior austerios, órganos por los que pueden robar, succionar sus nutrientes después de haber emitido las enzimas correspondientes. En ocasiones, los cuerpos vegetativos son tan sencillos que luego éstos se transforman en una estructura reproductora denominada zoosporocisto (p.e. en el género *Olpidium*), éste es un talo holocárpico, que se opone al talo eucárpico (p.e. el género *Spizellomyces*) en el que la estructura vegetativa de este moho es muy sencilla, pero parte corresponde a una fase vegetativa que permanece en el huésped y otra parte que corresponde a una fase reproductiva que se transforma en zoosporas.

Pueden aparecer estructuras más complejas cuyos ciclos (con alternancia isomórfica) recuerdan al de algunas algas. La especie representativa es *Allomyces arbuscula* que recuerda en estructura a una alga, pero no es autótrofo. Presenta rizoides por los cuales se puede fijar al sustrato. Su ciclo corresponde a aquellos que tienen dos fases (alternancia isomórfica), por lo tanto la fase haploide y la fase diploide son muy semejantes. Es un ciclo haplodiplonte. El esporofito (diploide) presenta un talo diversamente ramificado y que porta en determinadas ramificaciones dos tipos de zoosporocistos; unos son lisos y en ellos no tiene lugar la meiosis sino que se produce mitosis obteniéndose mitosporas (mitozosporas) y que como son diploides al enquistarse y formar la estructura vegetativa dará un esporofito diploide; el otro tipo de esporocisto es verrugoso, de gruesa pared y que puede desprenderse del talo, o bien puede permanecer allí, pero actúa como estado de resistencia y durante algún tiempo espera, aquí si tiene lugar la meiosis y se organizan las meiosporas (meiozosporas) que son haploides. Estas meiosporas nadan hasta un sitio adecuado donde enquistan y desarrollan el gametofito (fase haploide), fase que morfológicamente es muy parecida a la diploide. En la fase haploide en vez de aparecer los zoosporocistos aparecen los gametocistos, que en un caso particular se presentan juntos con el gametocisto femenino arriba y el masculino abajo. En el gametocisto masculino se organizan multitud de microgametos flagelados y en el gametocisto femenino se organizan los macrogametos flagelados. Cuando los gametocistos están maduros dejan salir a los gametos, que diferencian una anisogamia. Se produce la plasmogamia y la cariogamia y se forma el cigoto iniciándose de nuevo la fase diploide. Por ser el ciclo parecido al de una alga se habla de hongos-alga (ficomicetes).

### División Oomycota:

Presentan zoosporas con flagelos barbulado y liso, siendo el flagelo anterior barbulado y el posterior liso. Son también saprófitos o parásitos, y algunos de los parásitos tienen mucha importancia económica. Un oomicete en particular es el responsable de la podredumbre de la patata. El género *Saprolegnia* vive en el agua y algunas especies son parásitas de peces, instalándose en sus agallas. Este género presenta una estructura algodonosa formando un micelio poco organizado. En el micelio aparecen zoosporocistos que presentan un tabique, y en el interior se organizan multitud de zoosporas biflageladas que buscan activamente otro huésped.

Los géneros *Plasmopara* y *Peronospora* son parásitos endógenos. Cuando las condiciones lo permiten, emite hacia el interior del huésped una estructura intensamente ramificada con gran cantidad de zoosporocistos, estos zoosporocistos se pueden desprender y ser transportados por el viento. También coordinan su caída en un momento de lluvia o de rocío, lo que les permite germinar y dar lugar a gran cantidad de zoosporas. Si el ambiente, por el contrario, es seco, los zoosporocistos esperan. Estos hechos indican cierta adaptación al ambiente terrestre, en concreto al parasitismo de ciertas plantas terrestres.

El género *Albugo* es un endoparásito. Al reproducirse, el moho da gran cantidad de esporocistos y revientan la epidermis del huésped. La *Plasmopara viticola* es un parásito de la vid que causa la

enfermedad conocida como mildiu de la vid. Esta enfermedad es típica de una época húmeda. En el ciclo vital de *Plasmopara viticola* se puede partir de un polizigoto de resistencia (oospora) que suele pasar la época desfavorable bien en el suelo, bien en los restos del tejido del huésped (hojas). En la primavera la vid organiza sus tallos tiernos y hojas, el parásito sincroniza su ciclo vital con el de la vid y germina dando lugar a un zoosporocisto. A partir de aquí se organizan multitud de típicas zoosporas que necesitan agua. Estas zoosporas nadan, y alguna de ellas puede alcanzar un brote tierno, o bien una hoja en cuya superficie se enquistan, germina entonces una hifa que busca la entrada al huésped. La hifa suele entrar por un estoma (envés de la hoja), una vez en el interior se empiezan a organizar multitud de hifas y se inicia la infección. A medida que se extienden las hifas, se daña parte de la hoja y del tallo (aparición de mancha aceitosa que se extiende). Cuando el micelio alcanza un tamaño determinado, extiende hacia el exterior una estructura arborescente con multitud de zoosporocistos (reproducción asexual), estos zoosporocistos se propagan y germinan, reinfectando hasta en seis ocasiones. Al llegar el otoño, la planta paraliza su desarrollo y la parte vegetativa del moho comienza a decrecer, a menguar, en su interior tiene lugar mediante la meiosis la formación de gametocistos. La superficie del gametocisto femenino se perfora y se introducen multitud de núcleos masculinos, tiene lugar la plasmogamia, seguida de la cariogamia, todo ello en los gametocistos. Tenemos en cada gametocisto multitud de cigotos, se forma un polizigoto. Este polizigoto está dentro de la hoja y se desprende en el invierno, esperando en estado de resistencia. En general, es característico en los mohos de este tipo la formación bien de cigotos, bien de polizigotos.

### TEMA XVIII: REINO FUNGI (HONGOS VERDADEROS).

En el reino fungi no aparecen estructuras flageladas de ningún tipo. Este reino es bastante homogéneo, en cuanto a forma de vida. Podemos encontrar organismos simbióticos, como p.e. los líquenes y las micorrizas. Los simbioses constan de dos individuos muy distintos, pero muy relacionados y asociados.

Los hongos tienen estructuras vegetativas mucho más organizadas e independientes de la vida acuática. Su cuerpo vegetativo consta de estructuras vegetativas más ramificadas, son las hifas, el micelio se puede organizar de manera interna o externa en los huéspedes.

Los hongos tienen mucha importancia en el reciclado de materia orgánica (p.e. los hongos saprófitos de la hojarasca). Domina la quitina en las paredes celulares, y como de costumbre son capaces de eliminar potentes enzimas para degradar toda la materia orgánica, biodegradable que se presenta para, a continuación absorber el resultado.

Los micelios son muy desarrollados, la seta es una pequeña porción del hongo en sí. El micelio no puede soportar la deshidratación y tienen que estar protegido en el interior de algo, de manera que únicamente su parte reproductora sale al exterior. La mayoría de los hongos son pluricelulares y plurinucleados, e incluso pseudoparenquimáticos. Las hifas laterales, aunque se suelden no se relacionan. El reino fungi carece de flagelos.

#### Organización y estructura.

El reino fungi se puede subdividir en dos grupos, de acuerdo a la estructura de los micelios. En los más sencillos hay pocos tabiques y se presentan multitud de núcleos, en otros hay presencia de tabiques que contienen uno o dos núcleos complementarios. Estos dos grupos son los *Zygomycota* y los *Dicariomycota*. La división *zygomycota* comprende la subdivisión *Zygomycotina*, mientras que la división *dicariomycota* comprende las subdivisiones *Ascomycotina* y *Basidiomycotina*. Se incluye una cuarta subdivisión de la que no se conoce su reproducción sexual, la división *Deuteromycotina*.

La subdivisión *ascomycotina* comprende las clases de *Ascomycetes* y *Saccharomycetes*. Los *ascomycetes* presentan una gran organización, con estructuras reproductoras muy patentes. Los *saccharomycetes*

han reducido su organización para adaptarse a la vida en medio líquido.

La subdivisión basidiomycotina comprende las clases de Holobasidiomycetes, Frigmobasidiomycetes y Teliomycetes. Los holobasidiomycetes presentan estructuras reproductoras muy grandes y basidios unicelulares. Los frigmobasidiomycetes presentan los basidios tabicados. Los teliomycetes no presentan estructuras reproductoras sexuales, las esporas de origen sexual se organizan a partir de esporas de resistencia y no a partir de cuerpos fructíferos.

Los representantes de la subdivisión zygomycotina presentan talos sifonados y únicamente en sus estructuras reproductoras es cuando aparecen los tabiques.

La gran cantidad de esporas que aparecen en los hongos indica que se reproducen asexualmente y con facilidad, sólo cuando las condiciones lo exijan puede aparecer la reproducción sexual. Un deutromycete nunca presenta la reproducción sexual ya que sus condiciones de vida son muy buenas y no necesita de ésta. Algunos deuteromycetes tienen esporas muy características. Las esporas se organizan en estructuras asexuales, que tienen terminaciones especiales y que se ramifican. Los extremos de estas estructuras se van fragmentando.

Un picnidio es una estructura, con forma de urna, que presenta un pequeño poro que actúa a modo de chimenea, en el interior del picnidio se organizan multitud de esporas sexuales que reciben el nombre de conidiosporas que si provienen de picnidios se denominan picnidiosporas. Los picnidios pueden ser internos o externos al huésped. El picnidio en sí tiene una cubierta que protege el interior y las esporas salen al exterior a través de la chimenea cuando sopla el viento.

Otra estructura es el acérvulo, se da en hongos parásitos, de manera que la protección de las esporas la da la epidermis del huésped. El micelio se fragmenta dando lugar a muchas conidiosporas que acaban rompiendo la epidermis del huésped. Esta estructura no es tan elaborada como el picnidio.

#### **Tipos de reproducción.**

Las esporas de los hongos son muy pequeñas por lo que pueden almacenar pocas sustancias nutritivas. Esto es un arma de doble filo, pues al ser las esporas pequeñas se dispersan muy bien pero han de caer en un sitio de condiciones adecuadas para poder desarrollarse completamente. Los ciclos vitales en los hongos se encuentran como los más complejos, o de los más complejos de la naturaleza. En esos ciclos puede aparecer fases sexuales o fases asexuales. Cuando en un ciclo encontramos únicamente estructuras asexuales se habla de ciclos anamorfos (p.e. todos los deuteromycota). Cuando además aparece el estado sexual se habla de ciclos teleomorfos (todos los basidiomycota y ascomycota). Los hongos tienden a presentar ciclos anamorfos siempre que las condiciones lo permitan.

#### **Zygomycotina:**

En los zygomycotina, dos hifas típicas de éstos, que son multinucleadas pueden contactar y si son complementarias tabican las porciones del extremo que quedan constituidas como gametocistos. Los gametocistos se fusionan (plasmogamia) pero no se produce directamente después la cariogamia, los núcleos están emparejados. Al cabo del tiempo los núcleos se fusionan (cariogamia) formándose un polizigoto o zigospora que está rodeado de una pared resistente, entrando en un estado de resistencia.

Los ascomycotina y los basidiomycotina tienen una clara reproducción sexual, lo que los diferencia de los deuteromycotina, cuya reproducción sexual se desconoce.

#### **Ascomycotina:**

El ascogonio y el anteridio son los gametocistos, masculino y femenino respectivamente, de los ascomicetes. Estos gametocistos se diferencian en los extremos de algunas hifas. En los hongos se habla de especies homotálicas (que equivalen a especies monoicas) y especies heterotálicas (que equivalen a especies dioicas). En ascomicetes se puede encontrar algún caso en el que no existan diferencias de gametocistos. El papel masculino lo suele desarrollar una célula denominada espermacio, que contactará con una célula terminal de una hifa que actuará como gameto femenino, en un primer momento el micelio es monocariótico. En primer lugar se produce la fusión de los gametocistos (plasmogamia), pero no va seguida inmediatamente de la fusión de núcleos, ya que estos núcleos se emparejan. Entonces se produce el inicio del micelio dicariótico que presenta células con dos núcleos complementarios que no se fusionan. Hay hongos dónde la fase monocariótica es la dominante, pero en otros la dicariótica domina, siendo incluso la fase monocariótica muy fugaz, ya que dos esporas contactan y rápidamente se forma el micelio dicariótico. Los dos núcleos complementarios sincronizan su división, de manera que se permita ordenadamente organizar el micelio.

Los extremos de las células de la hifa dicariótica forman una especie de gancho, el uncínulo. Cada núcleo de la célula del uncínulo sincroniza sus divisiones, se dividen de manera que en cada extremo hay dos núcleos complementarios que se separan por una tabicación, así pues tenemos dos núcleos complementarios en la parte de arriba y otros dos abajo. Entre tanto el uncínulo acaba de contactar con la hifa, y la pared que separa a los dos núcleos inferiores desaparece, es decir, desaparece el uncínulo. Este proceso se repite hasta que la célula principal decide fusionar los dos núcleos (cariogamia), apareciendo la célula diploide. En hongos no se suele utilizar el concepto de haploide y diploide, sino que se habla de micelio monocariótico y micelio dicariótico. En este ejemplo la plasmogamia y la cariogamia están muy separadas en el tiempo y en el espacio. A continuación tendrá lugar la meiosis y las sucesivas mitosis hasta tener 8 células haploides que desarrollan una cubierta y dan lugar a esporas.

Con el proceso de división, la célula se agranda hasta constituir un esporocisto de origen sexual que recibe el nombre de asca. Las esporas se denominan ascosporas y son endógenas. Al germinar una espора en especies homotálicas o dos esporas en especies heterotálicas se tiene el desarrollo o formación del micelio monocariótico que progresa hasta la formación de los gametocistos, que contactan mediante el tricógino.

La cubierta de las ascosporas se denomina túnica. Pueden existir prototúnicas las cuales se encuentran muy poco organizadas dejando salir por todos lados a las ascosporas. Las túnicas pueden ser unitunicadas cuando la caída de las ascosporas se produce por el extremo, a veces tiene un opérculo (operculada) por el que cae la ascospора, o bien simplemente se rompe el extremo (inoperculada). Otro tipo de túnicas son las bitunicadas cuando se presenta una doble túnica.

Las ascas generalmente contienen 8 ascosporas, pero existen algunas ascas que contienen cuatro

## TIPOS DE ASCAS EN LAS FOTOCOPIAS.

### *Basidiomycotina:*

Los hongos pertenecientes a esta subdivisión presentan el cuerpo fructífero en la superficie, estos cuerpos fructíferos son los portadores de las esporas. Para estudiar el modo de reproducción partimos de dos esporas, tenemos pues una especie heterotálica, que organiza un micelio monocariótico (células tabicadas que contienen un único núcleo). Al contrario que en ascomycotina, no se remata en ninguna estructura especial (no hay gametocistos especiales). Las células actúan como gametocistos, se unen y se da la plasmogamia, pero no se produce inmediatamente la cariogamia. El micelio dicariótico se organiza a partir de este momento mediante fíbulas. La fíbula es muy similar al uncínulo, pero aparece lateralmente. Uno de los núcleos se sitúa en la fíbula y se divide al mismo tiempo que el otro núcleo.

Aparecen los tabiques, uno queda en el asa que ha formado la fíbula y al final contacta con el núcleo complementario, el micelio dicariótico va progresando. Los basidiomycotina, generalmente, se pueden diferenciar porque presentan asas, aunque no es así en todos los casos. El micelio dicariótico se divide muy profusamente hasta constituir cuerpos fructíferos. En ocasiones el micelio dicariótico le puede acompañar alguna porción de micelio monocariótico que da protección y apoyo a los dicarióticos. El micelio monocariótico remata en una estructura infértil, la paráfisis.

En basidiomicetes el cuerpo fructífero se denomina basidiocarpo, mientras que en ascomicetes el cuerpo fructífero se denomina ascocarpo. La parte importante del basidiocarpo es el sombrero, donde se sitúa la parte fértil o himenio que está constituida por el conjunto de basidios (esporocistos de origen sexual en basidiomicetes). El himenio tapiza las laminillas.

La célula del extremo de un micelio dicariótico es la que decide la fusión de los núcleos (cariogamia) para formar el cigoto, que es la única célula diploide. Esta célula se hace más grande y constituye el basidio, mientras en el interior, esa célula diploide sufre una meiosis que no es seguida por mitosis. Así pues tenemos cuatro núcleos que emigran a unos pequeños salientes en donde se sitúan y a la vez se estrangulan estos salientes, de manera que se constituyen las cuatro basidiosporas.

El caso general es que el basidio sea unicelular, sin tabiques (holobasidiomycetes). Hay otro grupo que tabica (fragmobasidiomycetes). En la superficie de las láminas de los hongos se da una gran concentración de basidios. Muchas veces estos basidios no llegan a buen término y reciben el nombre de basidiolos o cistidios, que tienen la misión de atraer a los insectos, o que los basidios no se apelmacen.

Son plectenquimáticos o pseudoparenquimáticos, la ordenación de las hifas forma trazas características, estas trazas rematan superficialmente en el himenio donde confluyen diversos tipos de células. Algunos ascomicetes también presentan cuerpos fructíferos, pero los típicos son de los basidiomicetes.

#### Deuteromycotina:

En esta subdivisión de los hongos se encuentran fenómenos de parasexualidad en algunos representantes. Estos procesos sustituyen con éxito y equivalen a los procesos de sexualidad de ascomicetes y de basidiomicetes. Tienen lugar procesos de recombinación y aparición de combinaciones sin recurrir a los procesos de sexualidad. Se ha encontrado en unas pocas especies.

Algunas levaduras tienen una cadena de DNA independiente, los plásmidos. Algunos ascomicetes muy sencillos tienen estructuras de DNA muy pequeñas que contienen información genética independiente de la contenida en el núcleo o en las mitocondrias. Este hecho puede tener relación con la resistencia que ofrecen algunas levaduras frente a los antibióticos. Los plásmidos tienen codificados pocos nucleótidos, pero son suficientes para ayudarles en su defensa.

#### Ecología.

Los hongos son los organismos más adaptables en la naturaleza, tienen gran capacidad de responder a condiciones adversas. Tienen los ciclos de vidas más diversificados. Su papel principal es el de actuar como organismos saprófitos, reciclando materia orgánica. Existe un equilibrio dinámico entre la creación y la destrucción de la materia orgánica. Los hongos que son parásitos no diferencian si la materia está viva o muerta.

Las formas simbióticas forman estructuras duales con organismos autótrofos, constituyen unidades morfológicas y fisiológicas. Los hongos también pueden ser controladores de otros organismos (p.e. los nematodos), por ello desempeñan un papel muy imperante en la lucha biológica de plagas.

## TEMA XIX: DIVERSIDAD DE LOS HONGOS VERDADEROS.

Zygomycotina.

### Orden Mucorales:

La mayoría son organismos saprófitos con gran desarrollo del micelio. Presentan una gran facilidad para la reproducción asexual que se lleva a cabo por conidiosporas. Existen muchos representantes homotáticos y heterotáticos, siendo el representante de este orden *Rhizopus stolonifer*. Es esta una especie que cuenta con sexos separados. El micelio se desarrolla profusamente por la superficie del huésped (normalmente materia orgánica). Contamos con un micelio de un sexo y otro micelio de sexo complementario. Cada uno de ellos es capaz de reproducirse, aparecen esporas que cuando se vuelven a desarrollar vuelven a reconstruir el micelio.

El ciclo reproductivo se repite las veces que haga falta en ambos micelios. Cuando las condiciones varían, dos hifas de los micelios pueden aproximarse y contactar. En ese momento se generan los gametocistos (se forman tabiques que les separan del resto del micelio). Al poco tiempo tiene lugar la fusión de ambos gametocistos. En primer lugar se produce la plasmogamia, y al cabo del tiempo tiene lugar la cariogamia. Mientras tanto la pared ha adquirido una consistencia, una ornamentación que le permite actuar como estado de resistencia. Pueden superar así las condiciones adversas durante un tiempo determinado. Cuando estas condiciones adversas finalizan y vuelven las adecuadas, lo primero que se produce es la cariogamia, ya que en estado de resistencia los núcleos no se han fusionado todavía, y después tiene lugar la meiosis, produciéndose finalmente la germinación.

Este grupo tiene mucha importancia debido a que presenta gran cantidad de representantes saprófitos, que son esenciales en el proceso del reciclado de la materia orgánica.

### Orden Zoopagales:

Incluye especies fundamentalmente parásitas. Se localiza en el suelo y el micelio suele ser pequeño. Se han especializado en parasitar pequeños animales. Algunas de sus especies son auténticas cazadoras, por ello tienen mucha importancia en la lucha biológica de plagas, en el control del suelo.

### Orden Entomophthorales:

También son parásitos, pero suelen serlo de insectos. El micelio se desarrolla sobre la superficie de insectos, siendo capaces de perforar la cubierta de éstos y penetrar en su interior viviendo a sus expensas. Hay casi tantos entomophthorales como grupos de insectos. Existe también un grupo de alto interés en el control biológico de plagas.

Los otros tres grupos de hongos presentan tabiques, pero son incompletos, y siempre queda una pequeña porción que no se tabica.

Ascomycotina.

Se caracterizan porque sus esporas de origen sexual se organizan en el interior del esporocisto denominado asca. Las ascosporas suelen aparecer en número de 8. Las ascas pueden aparecer en los cuerpos fructíferos o estar dispersas.

### Protoascomycetes:

Los protoascomycetes carecen de cuerpos fructíferos y podemos encontrarlos en dos grandes grupos. Uno

que está formado por organismos no parásitos, las levaduras, que tienen un micelio que en condiciones normales prácticamente es una célula pero que en condiciones anaerobias (desfavorables) adaptan la forma miceloide. Las levaduras también tienen procesos de reproducción sexual (unión de dos células), sufren la meiosis y se obtiene al menos un asca con 4 ascosporas. Existe otro grupo que se dedica a parasitar y cuyo tamaño viene condicionado por el tamaño del huésped, éstos suelen ser muy pequeños.

### *Euascomycetes:*

Este grupo es más amplio y ya presenta cuerpos fructíferos. Encontramos tres tipos generales de cuerpos fructíferos. El primer tipo se denomina apotecio y está abierto en forma de plato. El segundo tipo es el peritecio y que tiene una forma similar a los picnidios (estructuras de reproducción asexual) pero de mayor tamaño y que en el interior tiene ascas que contienen las ascosporas (esporas que vienen de la reproducción sexual). El último tipo de cuerpo fructífero es el cleistotecio que suele ser muy pequeño y completamente cerrado. Frecuentemente no presenta paráfisis, tiene pocas ascas y suele presentar en superficie hifas de forma y número característicos que facilitan la dispersión del cuerpo fructífero por el aire. Existen muchas estructuras intermedias. Dentro de los euascomycetes nos encontramos con varios órdenes,

### *Orden Periesporiales:*

Constituyen en general un grupo de parásitos de plantas, muchas de ellas cultivadas. Presentan cuerpo fructíferos tipo cleistotecio, que tienen hifas externas que facilitan su dispersión aérea. Pero algunos de ellos también cuentan con una fase asexual de gran desarrollo sobre el huésped, y de amplia multiplicación vegetativa. En general son conocidos como cenicillas o blanquetas, debido a que recubren el vegetal, tomando este un aspecto pulverulento. El micelio es superficial y en el interior del huésped se emite una célula digitada que es la que eliminan los enzimas y absorbe las sustancias resultantes. Este tipo de estructuras succionadoras se conoce con el nombre de austorio. Un ejemplo es la *Uncinula necator* (oidio de la vid).

### *Orden Discomycetales:*

El nombre de disco alude a que sus estructuras reproductoras son apotecios. Muchos de ellos son saprófitos con grandes apotecios organizados, dando algún tipo de seta que no hay que confundir con la de los basidiomycetes. Algunos son apreciados gastronómicamente (*Morcellas, Helvello*). Forman estructuras en colmenilla.

### *Orden Pirenomyetales:*

Estos presentan ascocarpos tipo peritecio. Tiene muchos representantes parásitos, siendo un ejemplo representativo el cornezuelo del centeno. En primavera una ascospora que suele ser alargada se sitúa en el interior de los peritecios, y los peritecios están situados periféricamente en una estructura que tiene forma de cabecita roja. Las ascosporas, en primavera, llegan a la flor del centeno y desarrollan un micelio sobre un ovario no fecundado o fecundado hace poco. El micelio es pequeño, pero inicia una activa proliferación de esporas, además el micelio desarrolla la llamada miel del centeno, que atrae a los insectos, a los que se les pegan las conidiosporas, dispersándolas así por todo el cultivo. Esta es la fase asexual y se denomina *Sphacelia segetum* (no es el nombre de la especie).

En verano, cerca ya del otoño, la planta se deshidrata, de manera que los hongos ya no tienen sustancias nutritivas. En este momento se inicia la formación de unas estructuras, los cornezuelos (negrovioláceos, nauseabundos) y que resultan ser el micelio endurecido de forma consistente, forma una estructura de resistencia. Esta es la segunda fase que recibe el nombre de *Sclerotium clavus* (tampoco es el nombre de la especie), y en este estado es como se le puede recolectar. Del esclerocio se extraen alcaloides que

presentan diversas aplicaciones, estos alcaloides son muy tóxicos y ese centeno recolectado no puede usarse para la alimentación. En la Edad Media la gente moría por comerse pan de centeno con esclerocios, les causaba la enfermedad conocida como fuego sagrado.

En invierno el micelio es duro y resistente, cae al suelo y soporta las condiciones adversas. En la fase siguiente, a partir de cada estructura aparecen unos tallos que acaban en unas cabezas rojas, a esta fase se la conoce como *Claviceps purpurea* y que da el nombre a la especie. En la periferia de las cabezas se forman gran cantidad de peritecios que tienen numerosas ascosporas.

#### Orden Laboulbeniales:

Constituyen un grupo todos ellos parásitos. Tienen un micelio muy pequeño.

#### Orden Tuberales:

Existe un grupo de interés puesto que muchos de ellos forman cuerpos tuberales, estos cuerpos fructíferos son cerrados y muy apreciados, son las trufas.

#### Basidiomycotina.

La gran diferencia con los ascomicetes es la presencia de basidios, que tienen esporas externas en número de 4 (basidiosporas). Es más frecuente la formación de cuerpos fructíferos, los de origen sexual son los basidiocarpos.

#### Hetero=Phragmobasidiomycete:

Tienen el basidio tabicado, lo que corresponde a los de morfología más sencilla, más primitiva y que suelen organizar cuerpos fructíferos de origen sexual. En este grupo hay muchos parásitos de importancia. Se estudian dos ordenes.

#### Orden Urenidales:

Incluye el gran grupo de las royas, que se denominan así por el color de herrumbre que presentan las pústulas en la superficie de los vegetales atacados. En términos generales, las royas se caracterizan por ser parásitos obligados de uno o más huéspedes. En ocasiones puede hacer el ciclo en un solo huésped siendo las royas homoicas. Las hay que al menos necesitan dos huéspedes, son las royas heteroicas.

Un representante de este orden es *Puccinia graminis*. Necesita dos huéspedes, uno de ellos es el agracejo (*Verderis vulgaris*) y el otro es el trigo. El ciclo vital parte de una espora de resistencia, que en invierno está en el suelo. En primavera esta espora organiza dos frambasidios, porque es bicelular. Para ello necesita tener cerca un agracejo, en el que desarrolla el micelio, introduciéndose en su interior. Una vez alcanza un desarrollo suficiente, organiza picnidios (estructuras asexuales) en el haz de la hoja del agracejo, estos picnidios tienen gran cantidad de picnidiosporas. Por el orificio del picnidio se organiza gran cantidad de hifas, las hifas receptoras. Este picnidio también elabora una melaza pegajosa atractiva para los insectos, de manera que el insecto acude y se le pegan las picnidiosporas. El insecto actúa de vector para la dispersión de esas esporas. El micelio inicial es monocariótico, pero en el momento en que las hifas receptoras capturan una espora de sexo complementario puede iniciarse el micelio dicariótico. En los basidiomicetes no existen gametocistos diferenciales.

En el envés de la hoja se organiza otro tipo de pústula que toma el nombre de ecidio y que organiza gran cantidad de ecidiosporas, cada una de las cuales cuenta con dos núcleos complementarios, y así de esta manera es como viajan. Las ecidiosporas están capacitadas para desarrollarse sobre el trigo, no

sobre el agracejo. Se produce el cambio de huésped. En el trigo se desarrolla un micelio interno no muy grande, de manera que en el momento en el que se alcanza el desarrollo adecuado se forman los uredosporos, que cuentan con las esporas estivales y que siguen siendo dicarióticas. La planta se puede reinfectar hasta 5–6 veces propagándose la enfermedad. Cada uredospora tiene capacidad para reinfectar, de manera que al cabo del tiempo en la planta hay gran cantidad de uredosporas. Esta enfermedad no es mortal para el trigo, pero hace la cosecha antieconómica. Al final del verano el trigo se agosta y el hongo organiza el teleutosoro, que contiene gran cantidad de esporas de resistencia (gruesa pared), esporas que finalmente acaban cayendo al suelo. En la primavera siguiente se fusionan los núcleos y se produce la meiosis formándose los fragmobasidios.

La lucha contra las royas es complicada, se pueden evitar los huéspedes intermedios, pero los hongos tienen mucha capacidad de adaptación y pueden para la primera fase de su ciclo vital en otro huésped intermediario que no sea el agracejo. Un modo de lucha es seleccionar variedades resistentes a las royas, pero al final las royas acaban por infectar también a estas variedades resistentes, de manera que se buscan nuevas variedades, y así sucesivamente.

#### Orden Ustilaginales:

Se incluyen en este orden los tizones o carbones y las caries. Se caracterizan porque en los primeros estadios de infección la enfermedad pasa desapercibida. Las plantas se desarrollan normalmente y el micelio sincroniza su desarrollo al del huésped. Cuando la planta florece, es cuando normalmente el micelio se desarrolla mucho formando una especie de tumores que presentan tonalidades negruzcas. Estas tonalidades negruzcas son debidas a la gran cantidad de ustilagosporas fabricadas. Los carbones se pueden apreciar en mazorcas y gramíneas. El género *Ustilago* es el más extendido.

Hay otro tipo de parásitos que son las caries que provocan un vaciado en la semilla. El género representativo es *Tilletia* y que desarrolla un micelio en el interior de la semilla, los granos están carcomidos, por lo que la espiga se mantiene erecta y no pesa.

#### Holo=Homobasidiomycetes:

Estos no presentan el basidio tabicado. El conjunto de basidios está en el basidiocarpo (seta).

#### Orden Agaricales:

En este orden se encuentra la mayoría de las popularmente conocidas setas. Los basidiocarpos pasan por una fase huevo, se aprecia algo redondeado con micelio. El velo general envuelve por completo al joven basidiocarpo, que cuando se desarrolla mantiene parte del velo general en la base constituyendo la volva. El resto del velo general está en el sombrero.

El género *Amanita* tiene las especies más tóxicas. El himenio es la parte fértil, donde se sitúan los basidios. Cuando se desarrolla el basidiocarpo esta parte se rasga y queda en el pie constituyendo el anillo. El género *Cortinarius* presenta una especie de cortina que va del sombrero al pie, éstos son muy tóxicos. El género *Boletus* tiene muchos poros en la parte inferior del sombrero.

Bajo el sombrero están las láminas o los poros, que se caracterizan por la disposición de las hifas en su interior (trama). Las tramas pueden ser divergentes, paralelas o convergentes. Todos los agaricales cuentan con crecimiento limitado.

#### Orden Poliporales:

En este orden están algunas de las setas más grandes y de vida más larga. El cuerpo fructífero crece de

año en año dando estructuras muy grandes. La mayoría son leñosos y cuentan con muchos poros. No tienen velo general.

### Orden Gasteromycetales:

Suelen ser saprófitos y cuentan con un cuerpo fructífero muy grande, que puede llegar a pesar varios kilos. Suelen estar en el suelo donde ocupan gran volumen. Tienden a ser redondeados y cuando maduran se agrietan permitiendo la salida de las basidiosporas.

Dentro de los basidiomicetes se encuentra lo que se conoce como seta, la mayoría son comestibles y no tienen demasiado valor. Un número menor de éstas son tóxicas (algunas intoxicaciones muy graves).

### **Deuteromycotina.**

También se les llama **hongos imperfectos**. Son un grupo artificial que recoge varios tipos de hongos, y que los biólogos han colocado en un único filo por conveniencia. Esto se debe a que carecen de un ciclo sexual y los hongos suelen clasificarse según la forma de reproducción sexual. Los hongos imperfectos se encuentran en hábitats variados. Muchos de ellos son parásitos de plantas y animales; son los responsables de muchas de las enfermedades producidas por hongos que afectan a animales superiores, por ejemplo, las candidiasis.

## **TEMA XX: RELACIONES ENTRE HONGOS Y OTROS ORGANISMOS.**

Los hongos son seres heterótrofos, así que dependen de sustancias elaboradas en el exterior. Pueden ser saprófitos, parásitos o simbióticos.

### **Simbiosis: líquenes y micorrizas.**

Entre los distintos hongos simbióticos encontramos los líquenes y las micorrizas. Los líquenes son seres duales, organismos complejos formados por unidades fúngicas y unidades algales. A estas unidades se llega por un equilibrio dinámico entre estos dos tipos de organismos, las unidades son del tipo tanto morfológico como fisiológico y en las que la parte algal actúa como organismo fotoautótrofo que aporta hidratos de carbono, mientras que la parte fúngica actúa como heterótrofo aportando sales y agua. En definitiva el líquen tiene un aspecto de ser una unidad. Las dos partes componentes de un líquen se pueden separar si se mantienen en un medio adecuado, la parte fúngica no puede sobrevivir en el agua pero sí la algal. También hay técnicas para separar la parte fúngica. Una vez separados el 99% de los componentes fúngicos corresponde al tipo de ascomycotina y el 1% restante corresponde a los demás grupos fúngicos. La parte algal puede constar de dos grupos: uno correspondiente a las cianofíceas (moneras) y otro que corresponde a las clorofíceas (protocistas verdes).

### Morfologías de los líquenes:

Son muy variadas, pero predomina la parte fúngica, es entonces el hongo el que participa en mayor medida en esta estructura. Una mayoría tiene la parte fúngica como componente envolvente y mayoritario y es el que condiciona la forma. Sólo en pocos ejemplos la parte algal es mayoritaria, por ejemplo en los líquenes gelatinosos. En los líquenes las algas toman el nombre de **gonidios**. Las  $\frac{3}{4}$  partes de los líquenes son de **talo crustáceo** que forman una costra, que si se distribuye por una roca recibe el nombre de saxícola. Los líquenes saxícolas que se sitúan por encima de la piedra son epilíticos y se sitúan parcialmente en el interior es endolítico. Los líquenes tienen importancia en la destrucción de algunas rocas, como p.e. las calcáreas. Cuando un líquen se sitúa por encima de una corteza vegetal se dice que es cortícola y corresponde a una morfología de **talo folioso**. Entre los líquenes cortícolas, los hay que sólo necesitan una pequeña superficie para sujetarse y el resto cuelga, se dice entonces que son de morfología de **talo fruticuloso**. También los hay que se pueden desarrollar por la superficie de algunas hojas, de manera que son de morfología de **talo**

**foliícola** y estos realizan una acción dañina para la planta de manera indirecta. Existen talos fructiculosos que se desarrollan desde el suelo y no desde las cortezas adoptando formas muy variadas, los tallos que presentan se denominan **podocios**.

Otro tipo de estructura puede ser la **gelatinosa**, que en la época húmeda normalmente se distribuye en el suelo (terrícolas) o encima de las rocas (saxícolas). En este tipo de líquenes predominan los gonidios que corresponden al reino de los monera. Tienden a ser verdosos en la época húmeda pero tornan negruzcos y se rompen en la época seca, lo que se puede confundir con un estado de destrucción, cuando lo que realmente hacen es un tipo de reproducción asexual.

#### Estructura de los líquenes:

Existen dos estructuras generales: la heterómera y la homómera.

En una estructura **heterómera** se distinguen cuatro capas bien diferenciadas. La capa más externa es el **córtex superior** y está formado por hifas fúngicas, protectoras y que a veces presentan pigmentaciones determinadas. A continuación viene la **capa gonidial** que está formada por hifas y gonidios y que se sitúa en un sitio accesible a la luz. Después viene una tercera capa que se denomina **capa medular o médula** y que es de color blanco. La cuarta y última capa está constituida por el **córtex inferior** que está formado por hifas fúngicas que se sueldan a algún sustrato. Si la soldadura es grande el córtex inferior suele faltar y simplemente se fija gracias a la médula.

La otra estructura es la **homómera**. En este tipo de estructura hay un reparto homogéneo de los distintos componentes. Son los líquenes gelatinosos. En el cuerpo del líquen se observa simplemente un reparto de hifas y gonidios, que quedan limitados por un espesamiento del mucílago que hipersecretan los gonidios. Las algas de este tipo de líquenes pertenecen a las cianofíceas (monera).

#### Reproducción en los líquenes:

La reproducción asexual o vegetativa del líquen suele corresponder a porciones en las que están los dos componentes. Aparte de la **fragmentación talina**, lo normal es que existan pequeños determinados elementos por los que el líquen pueda reproducirse, estos elementos son los sorelios y los isidios.

Los **sorelios** corresponden a pequeños apelonamientos en los que aparece una o pocas partes gonales rodeadas por una serie de hifas. Se diseminan mediante la acción del viento, que las desprende. Un **soral** es aquella porción destinada a romperse o a agrietarse en la superficie de los líquenes, y por ahí sale la capa gonidial por la que después salen los **soridios**.

Los **isidios** son estructuras más complejas, en las que cada una cuenta con córtex y capa gonidial. Por acción mecánica se desprenden del talo y llegan a un sitio apropiado donde poder crecer.

En el líquen, la parte algal no suele reproducirse sexualmente, únicamente pueden reproducirse asexualmente. El hongo, en la mayoría de los casos es la parte dominante y puede formar estructuras asexuales y estructuras sexuales. Una estructura asexual muy importante en los líquenes es el picnidio, que organiza gran cantidad de esporas asexuales muy pequeñas y que tienen que dar con el gonidio adecuado, ya que al ser tan pequeñas no tienen muchas sustancias de reserva. Los gonidios de los líquenes se pueden encontrar libres en la naturaleza, sin embargo, encontrar libre la parte fúngica de un líquen es muy extraño.

También pueden aparecer estructuras de origen sexual, de las cuales dos son muy frecuentes: los **apotecios** y los **peritecios**. En la parte superior del apotecio se sitúa el himenio en el que destacan las ascas, que son los esporocistos. Entre las ascas hay hifas estériles, la paráfisis. Estas esporas al dispersarse tienen que localizar un gonidio adecuado. La reproducción óptima de los líquenes es siempre asexual porque los dos componentes

del líquen viajan siempre juntos, lo único que tienen que hacer es encontrar un sustrato adecuado.

Los líquenes han tenido éxito, con una amplia distribución que va desde los desiertos cálidos hasta los desiertos helados. Un líquen muy famoso es el maná. El líquen es el primer colonizador de las rocas, disgregando aquellas que son ácidas y disolviendo las básicas, de esta manera comienzan a formar un poquito de suelo que es utilizado por los siguientes colonizadores (p.e. musgos). Este es un proceso muy lento.

### Micorrizas:

Las micorrizas son otros de los organismos simbioses. Supone una asociación especial entre el micelio de un hongo y las raíces de las plantas superiores. Prácticamente todas las plantas superiores tienen su micorriza característica, y siempre el desarrollo óptimo de una planta superior implica la existencia de una micorriza. Existe una primera fase en la que se desarrolla el hongo, que extrae de la raíz los productos hidrocarbonados a la vez que las hifas se desarrollan por el suelo pudiendo captar nutrientes, fundamentalmente los fosfatos. En una segunda fase, es la raíz de la planta superior la que de alguna manera digiere parte del hongo, incorporando así los nutrientes que ha podido captar la parte fúngica en el suelo. Hay nutrientes como los fosfatos que son muy inmóviles, de manera que hay que ir a buscarlos. La raíz puede formar zonas pilíferas para aumentar la superficie de absorción, pero las micorrizas aumentan mucho esta superficie y pueden captar más nutrientes.

La parte fúngica formadora de manto es ectótrofa, pero el micelio también se desarrolla intercelularmente en el interior de la raíz, es la **red de Hartig**. El otro tipo de desarrollo es el endótrofo o vesicular arbuscular (va), debido a la formación de vesículas y formas arbusculares. La mayoría de los hongos de micorrizas corresponde a los agaricales y basidiomicetes.

No se conocía bien la importancia de la micorriza hasta que el estudio de la colonización de nuevos suelos con especies se observó que no funcionaba bien. Se dieron cuenta que se necesitaban las micorrizas adecuadas. En nuevas colonizaciones, las plantas ya se disponen con las micorrizas necesarias. Antiguamente ante la gran cantidad de parásitos que había en el suelo se tomaban aspectos drásticos, cargándose todo, así que también se cargaban las micorrizas. Hay nematodos que se alimentan de las plantas, pero también existen nematodos beneficiosos puesto que participan en el reciclado de distintos nutrientes. No hace mucho había una guerra nefasta, hoy en día se sustituye la lucha química por la biológica, para lo cual se requiere un óptimo conocimiento de los distintos tipos de nematodos así como de los distintos hongos y mohos acuáticos que los cazan o parasitan. Se conocen 10-6

especies distintas de nematodos. Para la lucha biológica se pueden utilizar endoparásitos que organizan esporocistos que dan zoosporas (mohos acuáticos). Existen hongos que tienen conidios adhesivos que se pegan a la superficie de los nematodos, a los que perforan introduciéndose en ellos. Los hongos cazadores fijan el nematodo, perforan la superficie y desarrollan en el interior el micelio correspondiente. Hoy en día hay muchos estudios a este respecto. La lucha biológica no acaba con el parásito pero lo controla. Otro tipo de lucha es el empleo de un deuteromicete que controla a cierto tipo de parásito de la vida, o algunos parásitos de las plantas superiores.

### Importancia biológica, económica y ecológica:

Las trufas no se pueden cultivar, dependen mucho de las condiciones ambientales. Son cuerpos fructíferos de ascomicetes que están enterrados. Se necesitan perros adiestrados para encontrarlas. Algunas levaduras tienen importancia en muchas fermentaciones y en la producción de antibióticos. También se utilizan para combatir algunas micotoxinas humanas. Cada vez se extienden más los hongos epidérmicos, las tiñas. Algunos son de desarrollo interno.

## **TEMA XXI: REINO PROTOCTISTA (FOTOAUTÓTROFOS).**

## Las algas.

Al grupo de algas suele añadirse el de las cianofíceas (algas moneras) que son las que causaron la revolución del oxígeno. Todos los protoctistas aparecieron mucho después y se han diversificado enormemente.

AÑADIR TABLA DE LA DIVISIÓN DE LAS ALGAS.

### Organización y estructura:

El grupo de las algas es importante porque coloniza las dos terceras partes de la superficie de nuestro planeta, teniendo el hábitat más extendido. Al tratarse de un hábitat muy homogéneo, no han necesitado evolucionar mucho para adaptarse bien a este medio. Las algas presentan una organización sencilla: protofitos que pueden ser unicelulares o formar colonias muy desarrolladas o talófitas (pluricelulares) pero que no forman tejidos. Algunas algas pueden permanecer determinado tiempo en el ambiente terrestre e inician estructuras más complejas, de modo que son talófitos en el límite.

### Tipos de reproducción:

El tipo de reproducción es variado pero siempre sencillo y puede ser asexual o sexual:

#### Reproducción asexual:

Vegetativa: –División

–Fragmentación

Esporas: –Zoosporas (móviles)

–Aplanosporas (inmóviles)

#### Reproducción sexual:

Isogamia

Anisogamia

Oogamia

Lo normal es que las esporas se organicen en el interior de esporocistos. Vemos que se dan tres casos de reproducción sexual en los que se organizan gametos en los gametocistos. Un tipo es la **isogamia** y se tienen dos gametos iguales y móviles los dos. Se considera como la más sencilla. Otro tipo es la **anisogamia** en la que se da un macrogameto y un microgameto, los dos son móviles. Por último tenemos una **oogamia** en donde el macrogameto es inmóvil y el microgameto es normalmente flagelado.

El fin de la reproducción sexual es encontrar nuevas recombinaciones. Normalmente las algas se reproducen asexualmente y menos frecuentemente pueden hacerlo de una manera sexual, en la que los gametos son haploides, por lo que aparece la meiosis, se forma el cigoto a partir de la fusión de dos gametos y tenemos la primera estructura diploide. Este cigoto se independiza de la planta madre, es decir, las plantas madres organizan los gametos y allá que se van. Estos organismos carecen de embriones y forman los cigotos, que muchas veces son cigotos de resistencia. Las algas pueden colonizar ambientes que contengan una suficiente humedad (paredes, suelos o cortezas que estén húmedos).

### Origen:

El origen de las algas tuvo lugar cuando un huésped grande incorporó una cianofícea, produciéndose una endosimbiosis primaria que logró que un huésped grande heterótrofo se constituyera con el tiempo en un organismo que contuviera el plastidio. Se observan tres líneas evolutivas:

La primera de estas líneas se inició con una cianobacteria y dio lugar a las rodofíceas (algas rojas). La segunda se inició con el procloron y dio lugar a las algas que contienen las clorofilas a, b. La última línea evolutiva no se conoce su inicio y dio lugar a las algas con clorofilas a, c.

La **clorofila** que tienen todos los organismos vegetales es la de tipo a, pero esta puede ser acompañada por otros pigmentos como las clorofilas b, c, d, e. Las dos últimas se discute si son o no son artefactos en lugar de clorofilas.

Los **pigmentos supernumerarios** captan las radiaciones del espectro que no son captadas por las clorofilas. Tenemos dos tipos de pigmentos supernumerarios: los **carotenoides** y las **ficobilinas**.

Los carotenoides se dividen en **carotenos** y **xantófilas**. Hay relativamente pocos carotenos, son de tonos anaranjados y están formados por C,H. Toman una letra del alfabeto griego para ser designados. Las xantófilas son muchas presentando tonalidades amarillo–pardo y están compuestas por C,H,O.

Las ficobilinas son características de las cianofíceas y dentro de los protocistas son típicas de las algas rojas y de las criptofíceas, es de suponer que éstas hayan evolucionado a partir de las cianofíceas. Las ficobilinas son de dos tipos: **ficoeritrinas** (rojas) y **ficocianinas** (azules).

Las algas tienen como color la conjugación de todos los pigmentos, de manera que algunos pigmentos predominan frente a otros. Por ejemplo, las algas pardas contienen una xantófila que es parda y enmascara todo lo demás. En las algas verdes predominan las clorofilas. Las cianofíceas tienen tonalidades rojoazuladas debido al predominio de las ficobilinas frente al resto. En las algas rojas predominan las ficoeritrinas.

Cada grupo de algas suele elaborar un producto (**asimilado**) característico. El asimilado suele ser un compuesto hidrocarbonado (un polímero). En las algas verdes el asimilado es el almidón que es el mismo asimilado que contienen las plantas verdes, por lo que se supone que estas evolucionaron a partir de las algas verdes ya que también tienen los mismos pigmentos. Otros asimilados son el paramilón, laminarina, leucosina... Frecuentemente al hidrocarbonado le acompañan sustancias grasas. Algunos grupos de algas no presentan asimilados, son algas que se han constituido como organismos heterótrofos. Cuanto más antiguo es el organismo, más ha podido evolucionar adaptándose a distintas situaciones.

Después de estudiar las similitudes y las diferencias en materia de pigmentos y asimilados se pueden clasificar las algas. Es más lógico pensar en un origen polifilético (distintos orígenes) que en un origen monofilético puesto que existen evidencias que así lo indican.

### **TEMA XXII: Rhodophyta, Phaeophyta y Chlorophyta.**

Las algas por principio van a tener plastos, pero no todos los plastos son iguales. Existen cinco prototipos de plastos:

**Prototipo A:** la envuelta del plasto es doble, los tilacoides están aislados de uno en uno. Hay presencia de ficobilisomas. Este prototipo es característico de las algas rojas.

**Prototipo B:** existe una relación entre plasto y núcleo. La membrana más externa es doble y reúne al plasto y al núcleo, se habla de **aparato nucleoplastidial**. A esa membrana doble se le llama **retículo endoplásmica**

(RE plástica). Después viene otra doble membrana que es exclusiva del plasto. Los tilacoides están reunidos por parejas. Hay un núcleo de naturaleza proteica que se denomina pirenoide en la superficie del cual se depositan hidratos de carbono. Podemos decir que hay una cuádruple membrana. Este tipo es característico de las cryptophyta.

Prototipo C: la membrana externa es triple. La más externa corresponde a una RE plástica. Internamente aparece la típica envuelta del plasto, que es doble. Los tilacoides aparecen por tríos. Este tipo es característico de las divisiones pyrophyta y de la división euglenophyta.

Prototipo D: la envuelta es cuádruple. La más externa es RE plástica doble que engloba al núcleo (aparato nucleoplástico). Tenemos una doble membrana en el plasto. Los tilacoides están asociados por tríos. Este modelo es característico de las algas pardas (pheophytas) y de las crisofitas.

Prototipo E: se pone como modelo general. Se caracteriza por tener una envuelta del plasto doble y los tilacoides están agrupados de 2 a 6. Es característica la presencia de algún pirenoide. Se da en las algas verdes (chlorophytas), que asimilan almidón que es almacenado en los pirenoides.

Estos cinco prototipos están un tanto idealizados, en la naturaleza se producen variaciones.

### **División Chlorophyta.**

Se considera que son algas verdes, que contienen clorofilas a,b que no suelen estar enmascaradas por los pigmentos supernumerarios. El hidrato de carbono que asimilan es típicamente el almidón. Tanto los pigmentos como los asimilados son muy similares a los de las plantas superiores. Se subdividen en tres clases: clase clorofíceas, prasinofíceas y zigofíceas.

#### Clase Chlorophyceae:

Son las clorofíceas. Se clasifican desde las estructuras más complejas hasta las más simples. A partir de las morfologías más sencillas se establecen unas líneas más complejas. De un ser unicelular se puede obtener la **línea sifonada**. Otra es la **línea colonial** (volvocina) que da estructuras esféricas formadas por miles de individuos. La **línea uninucleada** es la que da lugar a las plantas superiores. Aquí están las series filiformes, ramificadas y parenquimáticas. De la serie filiforme se pasa a la ramificada y de esta a una diversamente ramificada y de ahí a las plantas superiores.

En el género *Oeclogonium* hay especies que son monoicas y otras son dioicas. Dentro de las especies monoicas existen variedades. Una es la **especie monoica macrándrica** que presenta ambos sexos en el mismo pie. El gameto femenino es grande e inmóvil y el gameto masculino se organiza en sus proximidades, es flagelado y llega nadando hasta el macrogameto femenino. En la **especie monoica nanándrica** en la proximidad del gameto femenino (oosfera) se organiza una zoospora masculina, que no es un gameto y que no puede fecundar, nadando se transporta a una zona próxima donde se fija al talo de manera epífita y desarrolla otro filamento más pequeño, el nanandro que es en donde se organizan los auténticos gametos (los microgametos). También hay **especies dioicas macrándricas** que necesitan de un gameto femenino (macrogameto inmóvil) y otro masculino (microgameto móvil). Asimismo, también existen las **especies dioicas nanándricas** en las que se parte de dos filamentos, el filamento masculino da lugar a la zoospora que organizará el nanandro que estará situado en las proximidades de la oosfera.

Un ejemplo del género *Protosiphon* es el de la especie *Protosiphon botryoides* que pertenece a la línea sifonada. Los representantes de esta especie tienen una forma morfológica de vejiga pequeña. Se desarrolla en el suelo si está húmedo o encharcado. Si hay agua se da la **inmersión**, el estado vegetativo se transforma en un zoosporocisto y se forman multitud de estructuras flageladas que pueden actuar de dos maneras: bien desarrollándose directamente y fijándose en un sitio determinado y reconstruyendo la estructura normal; o

bien las estructuras flageladas actúan como isogametos que se fusionan formando el cigoto (diploide), que tras un descanso germina produciéndose inmediatamente la meiosis (meiosis cigótica). Cuando ocurre la **deseccación** (humedad) las algas funcionan de otra manera y pueden hacer dos cosas: una es dividir el contenido y convertirse en un esporocisto que contiene estructuras inmóviles (aplanoesporocisto) y que si se desarrollan pueden dar lugar al sifón inicial. La otra cosa que pueden hacer es fragmentar el contenido del sifón en porciones plurinucleadas, porciones que se aíslan del sifón y que al cabo de poco tiempo germinan dando lugar a esporas que, a veces, pueden actuar como gametos. Si actúan como esporas, estas se desarrollan y dan lugar al sifón inicial. Si actúan como gametos, se fusionan los de sexos complementarios y se forma el cigoto que nada más germinar dará lugar a la meiosis. Es un ciclo haplonte.

Pasamos ahora a un ejemplo del género *Chlamidomonas*. Se trata de un ciclo haplonte, dioico e isomórfico. Únicamente el cigoto será diploide, todo el ciclo va a ser haploide. Si es dioico, tenemos sexos separados. Las clamidomonas se dividen por mitosis y dan lugar a gran cantidad de gametos móviles (isogametos), se produce la isogamia y se forma un cigoto que adquiere una cubierta de resistencia. Nada más germinar el cigoto se produce la meiosis y se producen estructuras flageladas, la mitad de un sexo, la mitad del sexo complementario.

El ciclo del género *Ulva* es dioico, isomórfico con isogamia y es haplodiplonte. Son estructuras laminares fijas al sustrato por una serie de discos. En ambas estructuras complementarias se forman gametocistos que dan isogametos, se produce la isogamia y se forma el cigoto y se inicia la fase diploide. El cigoto al desarrollarse produce un esporofito que es morfológicamente igual al gametofito (alternancia isomórfica). En el esporofito se organizan esporocistos en donde tiene lugar la meiosis, se obtiene un 50% de esporas de un sexo y un 50% del sexo complementario. Cada espora da lugar a una fase haploide (gametofito).

#### Clase Prasinophyceae:

Son las prasinofíceas. Es un grupo relativamente pequeño, con morfologías sencillas, dominan las unicelulares aisladas, pero también hay representantes coloniales. Tienen un pequeño cráter flagelar, es una pequeña invaginación de la que salen los flagelos y se sitúa en un lado celular. Lo normal es que sean flagelados, con un número variado de flagelos que puede llegar a ser de 16. Muchas células están aplastadas lateral y superficialmente y pueden presentar pequeñas escamas de naturaleza orgánica, éstas en algún caso pueden presentarse también en los flagelos. Los flagelos suelen ser lisos y propulsores. Algunos pueden presentar unos pequeños orgánulos que se denominan de muchas maneras (cuerpos mucíferos, eyectosomas...). Resultan ser unas pequeñas vesículas conectadas con el exterior y que contienen un líquido que pueden proyectar violentamente al exterior. Este líquido en contacto con el agua gelatiniza, pero en el interior celular esta en estado líquido. Son estructuras que aparecen en muchas algas, y se piensa que su papel podría ser defensor. Este grupo de algas se encuentra extendido en ambientes de agua dulce, salobre, pero sobre todo en ambientes marinos presentando una distribución costera u oceánica. Pueden proliferar en grandes cantidades cuando las condiciones son propicias. Como ejemplo tenemos el género *Pyramimona*, el género *Halosphaera* de distribución mundial. Cuando prolifera aparece en tal cantidad que colorea el mar de verde.

#### Clase Zygoephyceae:

Son las zigofíceas. También se denominan conjugadas. Es un grupo mediano, más numeroso que las prasinofíceas pero más pequeño que las clorofíceas. Podemos encontrar estructuras filamentosas o estructuras unicelulares aisladas o coloniales. Una característica importante es que no presentan ninguna estructura flagelada. Son inmóviles, una mayoría son planctónicos. Es importante señalar que únicamente se localiza en agua dulce, todas son verdes ya que la clorofila no está enmascarada (salvo en contadas excepciones). Los filamentos rara vez se ramifican. Estas algas suelen presentarse fijas a un sustrato. Las células se dividen y se produce el consecuente alargamiento, la división de las unicelulares aisladas puede ser de acuerdo a la morfología que presentan, puesto que se dan dos tipos de morfologías generales: una formada por dos mitades, a cada porción se le denomina **hemisoma**. Otra morfología que carece de hemisoma dividiéndose por

dos y ya está. Los hemisomas dividen el contenido, pero cada célula hija hereda un hemisoma. Los dos hemisomas tienen edades distintas, ya que la célula hija elabora el hemisoma que le falta.

Ninguna zigofícea da lugar a esporas. Su reproducción únicamente tiene lugar por división celular o por reproducción sexual, que es muy característica y que recibe el nombre de **conjugación**, de ahí que a estas algas también se las denomine conjugadofitas. En la conjugación, dos células vegetativas de sexos complementarios se transforman por entero en un gameto y se establece entre ambas células el **tubo copulador** que es una pequeña comunicación. Ocurre igual para las tres morfologías (hemisoma, filamento o unicelular aislado). En general, se habla de isogamia pero los movimientos realizados son de tipo ameboide. En ocasiones un gameto se mueve más que el otro (isogamia morfológica pero no funcional). Hay casos en los que los individuos son monoicos, entonces el tubo conecta dos células del mismo filamento y siempre se hace externamente. En todos los casos lo normal es la isogamia morfológica y funcional, los cigotos se van formando en zonas intermedias de los tubos copuladores. En los hemisomas el pequeño cuello se deforma y conecta con el vecino. Cuando son dos filamentos, se forma una estructura en forma de escalera y en la zona media aparecen los cigotos. El cigoto actúa como una estructura de resistencia, presenta una pared gruesa diversamente ornamentada, este cigoto puede soportar condiciones muy adversas, en este caso sería la sequedad. Este tipo de reproducción sexual suele darse en primavera.

En verano, muchos charcos se desecan, pero el alga ya se ha reproducido sexualmente, si el charco desaparece, allí quedan los cigotos de resistencia. En otoño vuelve a llover, se recuperan los charcos y el cigoto germina. El cigoto es diploide, por lo tanto lo primero que hace es la meiosis, en la que normalmente solo hay una o dos células que son viables de las cuatro células resultantes. Son organismos haplontes. Todo el ciclo es haploide, con excepción del cigoto.

Este grupo está muy bien representado en agua dulce. Algunos de estos géneros son muy ricos en cuanto a especies llegando algunos a las 500 especies o más. Los organismos unicelulares pueden dividirse muy rápidamente y llenan todo su hábitat (aguas continentales).

### **División Charophyta.**

Es una división muy homogénea y sólo tenemos una clase, las carofíceas. Todas tienen una morfología muy parecida, aunque el tamaño oscila de unos pocos mm a 1,5m. Todas son pluricelulares, con estructura taliforme. Son algas verdes y asimilan almidón, pero son separadas de las clorofitas por su especial morfología.

Hay una estructura nodal e internodal. Las células nodales son las que se dividen (en los nudos están las ramificaciones), y los entrenudos son unicelulares, únicamente se alargan. Son de las células más grandes que existen, aunque son células sifonadas. Estas algas carecen de esporas, su reproducción puede ocurrir por fragmentación talina (vegetativamente o por reproducción sexual. Como este grupo de algas vive en aguas dulces y salobres la reproducción ocurrirá en primavera.

En distintas zonas del adulto aparecen ramas fértiles en las que aparecen las estructuras reproductoras femeninas, que tienen forma de balón de rugby y presentan tonalidades verdes, y las estructuras masculinas que son redondas y de un color naranja vivo. Tanto una como la otra cuentan con una cubierta protectora de células estériles, por lo que son auténticos gametangios. Esta cubierta de células estériles protege el interior, que en el caso del gametangio femenino es una única célula grande (oosfera), es el oogonio que presenta la cubierta de células arrollándose alrededor, esas células hélice rematan en 5 dobles células que forman una pequeña corona.

Este grupo de algas presenta paredes incrustadas de carbonato cálcico ya que cuando el agua mengua forma el esqueleto que las mantiene erguidas. Aunque el carbonato se presenta por el talo no lo hace en el oogonio, que una vez fecundado adquiere una constitución dura y resistente. Esta estructura es tan resistente que ha dado

lugar a muchos fósiles. Los micropaleontólogos denominan a los oogonios fósiles como girogonitos.

El gametangio masculino también cuenta con una cubierta de células estériles, esta cubierta aparentemente está formada por una serie de escudos naranjas. Es muy atractivo para los peces que tratan de comérselo. En el interior presenta una organización compleja. Tiene una serie de filamentos anteridiales, cada uno puede tener hasta 32 células, cada una de las cuales se puede transformar en un anterozoide, que es la única estructura flagelada que aparece en las carofitas.

La reproducción sexual es por oogamia, hay especies monoicas y especies dioicas. El anterozoide nada y puede alcanzar el oogonio. El oogonio puede abrir la corona, o bien puede caerse. El anterozoide pasa al interior. Una vez se ha producido la fecundación (se ha fecundado la oosfera), el oogonio cae dando lugar a un cigoto de resistencia y pudiendo así soportar condiciones de sequedad. Cuando germina el cigoto lo primero que ocurre es la meiosis. Estos organismos son haplontes y únicamente la fase de cigoto es diplonte. Tras la meiosis se forma el talo con sus nudos y entrenudos, está diversamente ramificado y se desarrolla muy rápidamente. Las carofitas viven fijas al cieno, de modo que si una acequia no se ha limpiado bien allí pueden aparecer. La especie más común es la *Cara fetida*.

### **División Euglenophyta.**

Se puede situar próxima a las algas verdes, también contienen clorofilas a,b aunque poseen otras características que claramente las diferencian. El almidón no es el almidón sino que se denomina paramilón. También presentan superficialmente gran cantidad de cuerpos mucíferos, cosa infrecuente en las algas verdes. Es un grupo bastante homogéneo de morfología sencilla. En su gran mayoría son unicelulares que viven aislados, pero también hay algún representante colonial. La morfología típica de una euglenofita es ahusada, presentando en uno de los extremos una cripta o **criptofaringe** de donde normalmente salen dos flagelos, lo que ocurre es que uno es muy corto y no sobresale de la criptofaringe, parece que hay un único flagelo que posee dos raíces flagelares. En la proximidad de los flagelos se puede encontrar una **vacuola pulsátil** y una **mancha ocular** de tonalidad naranja muy chillón y muy fácil de ver. Gracias a esta mancha ocular las algas que la presentan son capaces de diferenciar zonas iluminadas de zonas oscuras, y en base a esto dirigen sus movimientos. Suelen presentar en la zona central un grueso núcleo, las formas plastidiales (la mayoría) suelen presentar numerosos y pequeños plastos que tienen gruesos núcleos de paramilón. Es de destacar la presencia de mitocondrias que tienden a ser más grandes y potentes cuanto mayor es el grado heterotrófico de la especie. No hay ninguna especie de euglenofita que sea autótrofa totalmente y necesita de al menos alguna vitamina, que es tomada del exterior. Pero también las hay que son totalmente aplastidiadas (completamente heterótrofas) y es en estas donde las mitocondrias son más aparentes. También presentan aparato de Golgi. Otra cosa característica es su pared celular, que es una fina película elástica fácilmente deformable. La película elástica está recorrida por una serie de estrías que van de un extremo a otro de forma helicoidal. Su número varía, y normalmente se sitúa entre 5 y 54 y tiende a ser característico para cada especie, de manera que una especie siempre presenta las mismas estrías.

Son fundamentalmente de agua dulce, pero también las hay de aguas salobres y marinas. Son muy buenas bioindicadoras, son exigentes con las distintas sustancias que toman del exterior. Hay especies que al ser heterótrofas necesitan tomar todo del exterior, algunas lo toman incluso fagocitando, otras son parásitas y algunas representantes tienen una cubierta rígida, una especie de lorica que frecuentemente se impregna de sales de hierro. No viven en aguas limpias.

La reproducción se produce por división vegetativa. Jamás forman esporas, se conocen pocos estados de resistencia. Adoptan forma redondeadas y forman una pared de tipo mucilaginoso y en muy pocos casos se conoce la reproducción sexual, pero parece que se trata de isogamia.

### **División Phaeophyta.**

Las algas pardas fundamentalmente son marinas, pocas representantes en agua dulce y son todas pluricelulares. El tamaño de su cuerpo oscila entre los pocos mm hasta estructuras que llegan a ser tan grandes o más que las plantas superiores (más de 60m, incluso 100). Tienen preferencias por situarse en zonas intermareales, que son zonas de flujo y reflujo. No han llegado a colonizar el ambiente terrestre ya que no se conoce ningún vegetal terrestre que se haya organizado a partir de ellas. La diversidad de morfologías se debe a que presentan cinco tipos de crecimiento.

- **Crecimiento intercalar:** tiene lugar en aquellas especies filamentosas, las células que forman el filamento van dividiéndose y el filamento va alargándose.
- **Crecimiento apical:** la célula del extremo es la que se divide, alargándose el filamento. Aunque el crecimiento sea apical, las células que van quedando pueden dividirse lateralmente dando lugar a ramificaciones.
- **Crecimiento apical con dicotomía:** la célula del extremo se divide exactamente en dos, que luego se desarrollan dejando entre sí un ángulo.
- **Crecimiento marginal:** se trata de que todas las células del margen se dividen más o menos a la vez. Sucede en estructuras anchas, taliformes.
- **Crecimiento meristemático:** cuando se cuenta con una zona siempre con características juveniles, cuya única misión es la de dividirse. Tiene lugar en varios años. A estas zonas se las puede considerar como meristemas.

Algunas de las algas pardas ya se considera que tienen tejidos. Esto es debido a que en el hábitat en el que viven parte del día están fuera del agua y otra parte están dentro, por lo que tienen que soportar ambientes de sequedad. Algunas presentan su cuerpo dividido de una manera sencilla. Las laminarias forman un **rizoide** que es una estructura a modo de raíz, una estructura que actúa a modo tallo y que recibe el nombre de **cauloide** y una estructura que actúa como una hoja, que se denomina **filoide** que es larga y muy plana y en cuya base se sitúa el meristemo. Algunas se localizan en los litorales y son bentónicas (no se sitúan a grandes profundidades pues necesitan luz). Algunas se han adaptado a vivir flotando ya que tienen cámaras rellenas de gas (Mar de los Sargazos).

Existen tres líneas evolutivas dentro de las algas pardas:

- **Isogeneratae:** incluye las estructuras más sencillas y aquí dominan las alternancias isomórficas y las isogamias.
- **Heterogeneratae:** incluye las alternancias heteromórficas y las heterogamias (anisogamias y oogamias).
- **Cyclosporea:** son diplontes, la fase haploide es muy fugaz. Son esporofitos cuyas esporas actúan como gametos (única fase haploide).

### Ciclos:

En el género *Ectocarpus* la fase diploide es el esporofito que organiza esporocistos de dos tipos: uniloculares y pluriloculares. A los **pluriloculares** también se les denomina **neuroesporocistos** y en ellos no tiene lugar la meiosis, de modo que dan lugar a esporas móviles diploides. los **uniloculares** dan lugar, tras la meiosis, a estructuras haploides. Estas estructuras haploides pueden desarrollarse por sí solas, o pueden actuar como gametos. Sin fusión dan lugar a los gametofitos, con fusión dan lugar a un cigoto (diploide). Los gametofitos haploides cuando se desarrollan adecuadamente dan lugar a gametocistos en los que se forman los gametos (isogametos). También pueden tener desarrollo partenogenético, una estructura haploide que da lugar al gametofito (haploide).

En el género *Cutleria* se presenta la alternancia heteromórfica. Partiendo del gametofito vemos que es una especie dioica. Existe cierta diferenciación sexual, ya que un pie da lugar a un gametocisto algo distinto al del pie complementario. Los masculinos dan lugar gametos móviles, pero los gametos femeninos son más

grandes (anisogamia). Los gametos se fusionan y dan lugar a un esporofito que so se parece en nada a los gametofitos y que fue bautizado con el nombre de *Aglaozonia*, se produce la meiosis que da zoosporas haploides las cuales son la mitad de un sexo y la otra mitad de sexo complementario. Se estudió en el Mar del Norte, en donde únicamente se encuentra la agalozonia ya que el gametofito no aparece en los mares fríos.

En el género *Laminaria* se da una alternancia heteromórfica. El esporofito presenta en la hoja determinada zonas fértiles en las que tiene lugar la meiosis, dando lugar a multitud de esporas haploides, la mitad de un sexo y la otra mitad del complementario. Las zoosporas cuando se desarrollan dan unos minigametofitos. El gametofito masculino da lugar a gametocistos que producen los microgametos flagelados. Los gametofitos femeninos dan lugar al gametocisto femenino con oosferas (macrogametos inmóviles). Es una oogamia.

El género *Fucus* es un ejemplo de ciclo diplonte. Es una especie dioica. Tiene dos pies que son esporofitos, éstos tienen unas cavidades especiales que se denominan **conceptáculos** y que están situados en los bordes. De los conceptáculos se organizan esporocistos, que tras meiosis dan lugar a esporas haploides. Las esporas pueden ser grandes e inmóviles o pequeñas y móviles. Estas esporas funcionan como gametos. Las microsporas son móviles y las macrosporas son inmóviles, por lo tanto se trata de una oogamia. Únicamente son haploides las esporas, que en este caso son los gametos, todo lo demás es diploide.

Las algas pardas presentan una tendencia a situarse a una profundidad determinada, lo que quiere decir que exigen una determinada cantidad de energía luminosa. Cada especie se sitúa a una profundidad determinada. Es muy frecuente la presencia de algas pardas en la zona intermareal. Todos los habitantes del mar son ricos en sales diversas, p.e. las algas pardas son ricas en yodo, así que se pueden utilizar algas del género *Fucus* en dietas para acelerar el metabolismo. Las algas pardas tras una fermentación se pueden emplear también como fertilizantes. De las algas pardas se extraen algunos geles (alginatos) y en Extremo Oriente se emplean en la alimentación (p.e. en Japón). Otras algas pardas no tienen ningún interés.

### **División Chrysophyta.**

Son las crisofitas. Poseen clorofilas a,c y el producto asimilado se denomina leucosina, crisosa o crisolaminarina (es lo mismo). Hay un dominio abrumador de organismos unicelulares, que se pueden presentar aislados o formando colonias. Son especies que viven típicamente en el mar, pero también las hay que viven en aguas dulces y en otros ambientes húmedos. Estas algas, a diferencia de las pardas, son pelágicas. Las crisofitas son las algas que dominan en los ambientes más abundantes de nuestro planeta. Las crisofitas tienen relación con la sílice, pero no todas lo tienen. El agua marina siempre está subsaturada de sílice, por lo que éste puede actuar como factor limitante en el desarrollo de alguno de estos grupos. Las crisofitas se dividen en 6 grupos.

#### Clase Chrysophyceae:

**Son las crisofíceas. Esta clase se subdivide en dos subclases. La primera es la subclase Chrysophycidae (crisofícidas) y la otra subclase es la Dictyochophycidae (dictiochofícidas).**

**La subclase de las crisofícidas es muy grande y heterogénea, dominan las formas de agua dulce. Poseen fucoxantina, de manera que dominan las tonalidades pardas. Presentan morfologías variadas pero destaca una característica, son unos estados de resistencia que consisten en la formación interna de un recipiente en donde se incluyen aquellos orgánulos que se tienen que guardar (núcleo, plastos, mitocondrias...). Ese recipiente se silicifica rápidamente y organiza un tapón, el resto de la estructura degenera. Esta nueva estructura entra en un estado de ralentización hasta el momento oportuno en el que recupere se estructura vegetativa. Los quistes son tan característicos que frecuentemente se les identifica más por ellos que por las formas vegetativas normales. Los quistes presentan una ornamentación muy variada.**

La subclase dictiochofícida no se parece en nada a la anterior subclase. Se trata también de un grupo relacionado con la sílice. Existe una menor variedad morfológica. En el mar, en determinadas circunstancias, pueden proliferar constituyendo una biomasa importante. No organizan quistes y tienen un endoesqueleto de sílice. Dominan las formas poligonales de 4 ó 6 lados. Los lados son unas varillas huecas y en cuyos ángulos se organizan espinas. A pesar de que pueden proliferar, hoy en día están en regresión. Se desconoce su reproducción sexual, se sabe que cuando alcanza un desarrollo adecuado primero se divide el esqueleto y después la célula. Forman parte del primer escalón de la cadena trófica. No son tóxicas, pero pueden causar problemas cuando proliferan ya que causan estrés en los peces, ya que se instalan en sus agallas.

#### Clase Prymnesiophyceae:

Son las primnesiofíceas. Se trata de otra clase de la división crisofita. Poseen clorofilas a,c y el mismo asimilado. Están más relacionadas con el carbonato cálcico que con la sílice. El grupo más representativo de esta clase son cocolitofóridos, que presentan una pared muy característica, muy gruesa, que recibe el nombre de cocosfera. La cocosfera está constituida por multitud de pequeñas unidades denominadas cocolitos. Los cocolitos pueden ser de hasta tres formas distintas constituyendo una misma cocosfera. Los cocolitos se organizan en el interior de las células y son elaborados por el aparato de Golgi. Los cocolitos suelen ser bastante específicos. En esta clase se encuentra el alga más importante del planeta, la *Emiliana huxleyi*.

Hay dos tipos fundamentales de cocolitos, unos son granulados (granos de calcita cúbica) y se denominan holococolitofóricos; y otros que no presentan granos y que reciben el nombre de heterococolitofóricos. Los cocolitofóricos tienen la gran importancia de que, a la vez que son fotoautótrofos (fijan  $CO_2$

), también fijan  $CO_2$

para la fabricación de sus cocolitos, así que fijan doblemente el  $CO_2$

. Muchos no pueden identificarse al microscopio óptico, pero constituyen biomasa tan grandes que incluso pueden influir en el clima. Pueden constituir una biomasa muy importante, ocupando el primer escalón de la cadena trófica. Cuentan con ciclos muy complejos, muchos todavía por conocer, y se han determinado pocas reproducciones sexuales. Su reproducción es fundamentalmente asexual. Este es un grupo muy extendido, abarca las 2/3 partes del planeta.

#### Clase Xanthophyceae:

Son las xantofíceas. Carecen de clorofila c y además carecen de fucoxantina, de modo que son más amarillentas. Presentan morfologías variadas, dominan las unicelulares, pero también las hay coloniales y algunas pluricelulares. Muchas están relacionadas con la sílice. Lo más característico de ellas es que presentan el quiste silíceo que se organiza en el interior. El quiste es distinto al de las crisofícidas, consta de dos porciones casi iguales y no tiene una urna con tapón. La organización es muy similar a la de las crisofícidas. Es característica su organización.

Las xantofíceas prefieren las aguas dulces, en aguas marinas no son tan abundantes. Se conocen reproducciones sexuales de muchos casos. Existe un dominio de las isogamias.

#### Clase Rhaphidophyceae:

Es un grupo pequeño con algunas peculiaridades. No asimilan hidratos de carbono sino que asimilan lípidos. Algunas rafidofíceas tienen importancia ya que son ictiotóxicos.

#### Clase Eustigmatophyceae:

Las eustigmatofíceas son un grupo más pequeño que las rafidofíceas, y con menos historia. Algunas tienen un aparato de Golgi muy desarrollado, y por esta característica se las puede diferenciar en algunas ocasiones. No proliferan tanto como las rafidofíceas.

### Clase Bacillariophyceae:

Son las diatomeas. Es un grupo muy importante. Las algas de esta clase se caracterizan por presentar una pared celular muy característica y que recibe el nombre de **flústulo**. El flústulo se compone de dos partes, una que encaja dentro de la otra a modo de cápsula de Petri. Estas dos porciones son un poco desiguales, una es más grande que la otra. La porción interna recibe el nombre de **hipoteca**, mientras que la porción externa recibe el nombre de **epiteca**. El flústulo es muy rico en sílice, hasta el punto de que la pared de las diatomeas es de vidrio, un vidrio duro y resistente pero frágil a la vez.

Al mirar una diatomea de arriba abajo podemos observar la **valva**, pero si la observamos lateralmente lo que vemos es la **pleura**. Todas las diatomeas responden a dos tipos generales, de acuerdo con la forma que adopta la valva, es decir, de acuerdo con el plano valval. Una de estas morfologías es un plano valval **redondeado** o **poligonal**, es el grupo de las **céntricas** y que presenta una ornamentación radiada y frecuentemente el flústulo se encuentra menos silicificado, lo que quiere decir que tienen una mayor fragilidad pero una menor densidad lo que les permite una mejor adaptación a la suspensión en el agua. El otro grupo presenta un plano valval **alargado**, siendo la ornamentación plumosa por lo que reciben el nombre de **pennadas**, pueden presentar una hendidura en una valva, o en las dos, o no presentarla. La hendidura nunca se presenta en las céntricas. Esta hendidura recibe el nombre de **rafe** y su estructura está relacionada con el movimiento que puede presentar este grupo. El flústulo en las pennadas es más macizo y denso por lo que su modo de vida es distinto al del grupo de las céntricas. No son planctónicas y viven epífitas sobre otros organismos o sobre la materia, y siempre en un fondo al que llegue luz. Lo más característico de las diatomeas es su pared celular, para estudiarlas a fondo se elimina el resto de la célula con ácidos enérgicos (níttrico o sulfúrico) o mediante incineración. El flústulo es tan característico que sirve para determinar las distintas especies. El flústulo, al ser de vidrio, es muy difícil de ver mediante el empleo de un microscopio electrónico.

Las diatomeas constituyen un grupo que ha tenido, tiene y tendrá mucho éxito, ya que han logrado colonizar nichos variados exigiendo la presencia de humedad y de agua. Pueden vivir en cortezas húmedas de árboles, en musgos, en suelos húmedos, etc. Aparecen muchos restos de diatomeas, restos que forman grandes estratos. A estos restos se les conoce con el nombre de diatomita. El éxito de las diatomeas reside en su adaptabilidad y en su alta tasa de multiplicación. Si las condiciones son adecuadas en pocas horas se dividen en dos.

La reproducción, mientras las condiciones lo permitan, es por división celular. Cuando las condiciones son adversas, las diatomeas se reproducen sexualmente, pero según el grupo de diatomeas esta reproducción sexual se produce de una u otra forma. No se dan esporas. El grupo de las céntricas se reproduce sexualmente por oogamia y son especies dioicas en las que los microgametos constituyen la única forma flagelada que aparece en las diatomeas. Las pennadas se reproducen sexualmente por isogamia y son especies monoicas que poseen gametos ameboides. Puede tener lugar la anisogamia, siempre que sea un gameto el que vaya a buscar al otro (es una anisogamia funcional). Es casos especiales también hay autogamia. Los estadios de resistencia se presentan sólo en algunas especies que forman un flústulo especial, ralentizando así su metabolismo y esperando unas condiciones más adecuadas.

La división celular da lugar a un cambio de tamaño muy peculiar en las diatomeas, este es un carácter inconstante. Lo primero que hace la diatomea es dividir el contenido, que es el contenido típico de una célula eucariótica, y tiende a separar las tecas, pero antes de hacerlo inicia la formación de dos nuevas tecas en el interior. Cuando se acaba por dividir resulta que las dos células hijas han elaborado una teca nueva que siempre es interna (hipoteca) y heredan una epiteca. Una célula hija es más grande que la otra ya que la más grande hereda una epiteca y elabora una hipoteca, mientras que la más pequeña hereda una hipoteca (que

ahora ejercerá de epiteca) y elabora una hipoteca más pequeña que la de la célula hija mayor. En general, el tamaño va disminuyendo. Algunas especies son capaces de recuperar el tamaño inicial. Si los individuos de una determinada especie de diatomeas se van haciendo cada vez más pequeños, se llega a una situación incompatible con las funciones celulares, esta es una situación desfavorable y se recurre a la reproducción sexual.

Para la reproducción sexual el proceso que tiene lugar es una meiosis, se dan así cuatro estructuras haploides. En la estructura femenina normalmente degeneran dos o tres y en la masculina, si estamos en las céntricas, se llegan a constituir cuatro, o múltiplo de cuatro, estructuras flageladas. Se pierden las tecas y los microgametos nadan buscando al macrogameto, el primero que llega se fusiona y se forma el cigoto. El cigoto se rodea de una cubierta flexible no silíceas que le permite desenvolverse y alcanzar su tamaño inicial, estado en el cual elabora un flústulo, el flústulo inicial. En el caso de las pennadas ocurre algo similar, dos células se aproximan y se elabora entre ambas una cubierta elástica a la vez que sufren la meiosis, degenerando dos o tres de los núcleos. Se abren las tecas y salen los gametos que son ameboides. Como máximo por célula quedarían dos gametos, por lo que como máximo se forman dos cigotos pero lo más normal es que sólo se forme un cigoto. Con la reproducción sexual no se aumenta en número la población, pero el objetivo es buscar una recombinación. Por reproducción asexual las diatomeas se duplican. En ambos modelos la meiosis tiene lugar con los gametos, estos son haploides y los cigotos son diploides.

Las diatomeas están muy bien adaptadas a las aguas frías, donde suele ser el organismo dominante, por lo tanto será fácil encontrarla en aguas árticas y antárticas. También dominan en las aguas que afloran de la profundidad. Existen fenómenos de movimientos de agua por los que aguas ricas en materia orgánica ascienden produciéndose afloramientos. Este tipo de aguas lleva muchos nutrientes, de manera que se favorecen las diatomeas porque el agua que asciende está a 4°C (costa peruana). Las diatomeas son muy importantes porque forman parte del primer escalón de la cadena trófica. El krill se alimenta de diatomeas, y las grandes ballenas lo hacen de krill. Las diatomeas quizá sean el grupo de algas que presente más especies autótrofas en conjunto, hay muy pocas especies de diatomeas heterótrofas. Los restos que dejan las diatomeas también tienen sus aplicaciones, se utilizan para pulir metales nobles, se utilizan como aislante y en pastas dentífricas. Como diatomita o tierra de infusorios se utiliza para embeberse en nitroglicerina constituyendo la dinamita, siendo de esta manera más estables la nitroglicerina.

### **División Pyrrophyta.**

Constituyen un grupo muy extendido, muy antiguo, lo que ha dado lugar a su evolución y colonización de nichos diversos y su diferenciación entre sí muy grande, hasta el punto de que pueden existir diferencias muy dispares, tratándose de organismos muy enfrentados. De las cinco clases de que consta la división, tres son completamente heterótrofas y algunas especies pueden ser endoparásitos. Hay otros dos grupos.

Los **dinoflagelados** que son autótrofos pero complementan su dieta capturando presas, que es en muchos casos una opción facultativa. Un dinoflagelado típico presenta una porción anterior redondeada que recibe el nombre de **epicono** y una porción basal, que es un poco más ancha y que se denomina **hipocono**. Presentan dos hendiduras perpendiculares entre sí. Una de las hendiduras se denomina **hendidura cingular**, y otra que es longitudinal que se denomina **hendidura surcal**. En la porción donde se cruzan ambas hendiduras es la posición ventral. Por tanto tienen vientre y dorso. En estas hendiduras se alojan dos flagelos, uno en cada una. El **flagelo cingular** se encuentra fijo al fondo de la hendidura y rodea a la célula, así que no sobresale y el movimiento que provoca es una ondulación lo que provoca un giro de la célula. El otro flagelo sobresale largamente por el hipocono y actúa como remo y timón. A la vez que progresa, un dinoflagelado también gira. Esta es la morfología típica, pero muchos no la presentan.

Otra característica exclusiva del grupo es la presencia de un núcleo muy voluminoso que se dice es intermedio entre el núcleo eucariótico y el inexistente procariótico y que recibe el nombre de **dinocarion**. Este núcleo tan voluminoso es debido a que los cromosomas permanecen en interfase, ocupando así mucho volumen. En

ocasiones el núcleo ocupa la mitad o más del volumen celular. Pueden existir dinoflagelados que no tengan la forma característica, no sabemos si es o no pirrofito. Las esporas de los dinoflagelados son muy características ya que presentan un cíngulo y un surco, pero es más pequeña que las células vegetativas.

La reproducción de las pirrofitas puede ser asexual dándose por división o por producción de esporas (dinosporas). Si es por división, lo hacen longitudinal, transversal e incluso oblicuamente, con la peculiaridad de que algunos dinoflagelados tienen una pared celular muy gruesa incluso formada por placas celulósicas y tienen que separar dos porciones y son las células hijas las que tienen que reconstruir la parte complementaria. Si organiza dinosporas, estas dividen el contenido repetidamente constituyendo una multitud de pequeñas dinosporas. La reproducción sexual no se conoce más que en relativamente pocos casos. Hay iso y anisogamias. Se conocen estados de resistencia en algunos casos.

### Dinoflagelados:

Los dinoflagelados son en su mayoría unicelulares aislados. Se encuentran muy distribuidos en ambientes líquidos, en el fitoplancton. Su distribución abarca las 2/3 partes del planeta. Presentan paredes gruesas, muchos de ellos se denominan acorazados; y otros de paredes más finas que no forman placas y que se denominan desnudos. Es el grupo de algas que contienen más representantes tóxicos. Son un peligro en el momento en que pueden proliferar. Normalmente, los organismos filtradores no sufren daño, pero concentran las toxinas. Si consumimos este tipo de organismos (p.e. mejillones), las toxinas pasan a nosotros provocándonos indigestiones y diarreas, hay algunas toxinas muy peligrosas para el hombre. En nuestro litoral, a veces, se da la toxina diarreica, los dinoflagelados proliferan normalmente en verano. En la costa gallega la toxina es muy fuerte y sus efectos pueden ser la parálisis del aparato respiratorio. En Canadá se citan de vez en cuando procesos neuróticos provocados por las toxinas de dinoflagelados que se han acumulado en almejas. En el Mar Caribe y en todos los mares cálidos existe una especie de dinoflagelado, que al pasar por los distintos escalones de la cadena trófica potencia sus toxinas.

Los dinoflagelados contienen muchos representantes bioluminiscentes. Es un proceso que se encuentra en la naturaleza y que no es raro. La bioluminiscencia se debe a la *Luciferia luciferasa*. Las desmofíceas no tienen ni surco ni cíngulo, no tienen hendiduras flagelares.

### **División Rhodophyta.**

Las algas rojas, salvo rarísimas excepciones, son todas pluricelulares. Cuentan con pigmentos y asimilados que las diferencian del resto. La clorofila característica es la del tipo a y se dice que alguna de ellas tiene clorofila de tipo d. Tienen ficoeritrina y ficocianina, aunque domina la primera. Tienen otros pigmentos supernumerarios. Como producto de asimilación acumula rodamiol (almidón de florídeas). Una característica general es la ausencia de estructuras flageladas, el gametocisto femenino es como un ascogonio (gametocisto femenino de ascomicetes) y recibe el nombre de **carpogonio**, tiene un apéndice muy largo que le permite captar espermacios, es el tricógino. En las floridofíceas el tricógino es muy patente, pero en las bangias es más sencillo.

La mayoría de las algas rojas son marinas, pero unas pocas viven en agua dulce. Se puede pensar que no han logrado pasar al ambiente terrestre ya que allí no hay ninguna estructura similar que tenga los mismos pigmentos y asimilados.

### Clase Bangiophyceae:

En las bangias encontramos el *Porphyridium*, que es una estructura unicelular aislada y podemos pasar a los estados tricales. También son característicos los tipos filamentosos o los laminares.

### Clase floridofíceas:

Segregan gran cantidad de sustancias gelatinosas (agar-agar). Presentan multitud de ramificaciones sustentadas por estas sustancias gelatinosas.

Las algas rojas viven fundamentalmente en las zonas litorales y tienden a situarse a cierta profundidad, puesto que sus pigmentos supernumerarios les permiten captar energía en aguas profundas donde otras algas no pueden vivir, ocupan nichos en los que tienen poca competencia. También encontramos representantes que calcifican, son las algas incrustantes.

La reproducción de las algas rojas puede ser asexual y sexual. **Asexualmente**, la fragmentación talina funciona muy bien en los organismos pluricelulares, pero también se puede dar la formación de esporas. Todas las esporas de las algas rojas son aplanosporas. La **reproducción sexual** es por oogamia. Los gametocistos femeninos son los carpogonios, que son muy patentes en las florídeas y no mucho en las bangias. El gameto masculino se denomina **espermacio** y carece de estructuras flageladas, suele fabricarse en grandes cantidades por la razón de que no son gametos móviles de manera que es el agua la que los mueve. Por ello la superficie receptiva del carpogonio tiene que ser grande.

Los ciclos dentro de las algas rojas son un lío porque en las florídeas están mal establecidos y en las bangias constan de dos fases. En las florídeas el gametofito alterna con dos esporofitos distintos, se habla de una **alternancia trifásica**, mientras que en las bangias se habla de una alternancia de dos fases (**bifásica**).

#### Ciclo vital de *Porphyra*:

Es una bangia que presenta estructura laminar, es una especie dioica. Se parte de dos gametofitos, el masculino y el femenino, que presentan determinadas zonas que se denominan **márgenes fértiles**. En el pie masculino, los espermatocistos dan lugar a muchos espermacios, algunos espermacios alcanzan el tricógino y se forma el cigoto tras lo cual tiene lugar la meiosis y la formación de multitud de aplanosporas, que se denominan **carposporas** y que son haploides. Estas estructuras haploides, a veces, no llegan a formar un gametofito en condiciones y se habla de gametofito inmaduro o **fase conchocelis**, no se desarrolla el gametocisto pero se puede dar lugar a esporas que dan lugar de nuevo a una fase conchocelis o pueden dar ya lugar a un gametofito en condiciones. Si el ambiente nutricional no es adecuado se desarrolla la fase conchocelis, pero si la espora cae en un sitio rico en nutrientes se da lugar al gametofito.

#### Ciclo vital del género *Antithamnion*:

Es un ejemplo de un género de las florídeas, es una especie dioica. El gametofito masculino (haploide) desarrolla gran cantidad de espermatocistos que organizan espermacios. El gametofito femenino tiene un largo tricógino con el fin de capturar los espermacios. A partir de los espermatocistos se sueltan gran cantidad de espermacios, que por movimientos del agua son ayudados a alcanzar el tricógino, cuando esto ocurre se forma el cigoto, que no abandona el gametofito femenino desarrollándose allí. No hay embriones. Este cigoto se desarrolla dando lugar a una estructura muy pequeña, diploide, que durante mucho tiempo se consideró como algún organismo parásito. Se desarrolla un esporofito muy pequeño que se denomina **carposporofito** y que es diploide, este carposporofito da lugar a esporas diploides, las **carposporas** que son monosporas (a partir de un esporocisto únicamente se desarrolla una espora. Algunas carposporas por el agua pueden llegar a un sitio adecuado desarrollándose allí dando lugar a un segundo esporofito que es idéntico en cuanto a la morfología al gametofito, es pues una alternancia isomórfica. El segundo esporofito se denomina **tetraesporofito** y en él se organizan los **tetraesporocistos**, que mediante meiosis proporcionan cuatro esporas haploides que se desarrollarán para dar lugar de nuevo al gametofito.

#### Ciclo vital del género *Liagora*:

Se parte de un gametofito, que al ser monoico cuenta con carpogonio (con largo tricógino) y con espermatocisto en el mismo pie. Una vez fecundado, se forma el primer esporofito, el carposporofito que es

diploide. El carposporofito da lugar a las carposporas, que dan lugar a su vez al segundo y auténtico esporofito, que es distinto del gametofito, se da una alternancia heteromórfica. En el segundo esporofito es donde tiene lugar la meiosis, se forman tetraesporas que al desarrollarse darán lugar al gametofito.

Las algas rojas en su mayoría son marinas, del litoral. Algunas son cultivadas. En general las algas son ricas en determinadas sales y su empleo en algunas dietas viene muy bien. Las algas rojas contienen gran cantidad de gelatinas, sustancias que en la industria de la alimentación se utilizan como espesantes.

### **División Cryptophyta.**

El nombre que recibe esta división alude a una cripta en forma de dedo de guante que se sitúa en un extremo. Es un grupo de organismos relativamente pequeño, en el que dominan las formas unicelulares aisladas y móviles que contienen uno o varios flagelos.

El prototipo corresponde al *Cryptomonas sp.*, se puede apreciar la típica cripta de donde sale el flagelo o los flagelos, flagelos que generalmente son barbulados. También es frecuente la forma de habichuela que tiende a ser algo aplastada. En el interior, la parte periférica de la célula presenta un plasto grande. En la zona basal aparece un núcleo con un visible nucleolo. Estas algas contienen clorofilas de tipo a,c, pero el hidrato de carbono es exclusivo de ellas y se denomina **criptoamilón**. Algunos representantes contienen ficobilinas que les confieren tonalidades rojizas o pardo-rojizas.

Este, relativamente, pequeño grupo vive en aguas marinas o continentales, formando parte del plancton y en ocasiones proliferan. Su reproducción es típicamente asexual por bipartición. Se desconoce si tienen reproducción sexual, así como si producen esporas o de si hay estados de resistencia.

Tapizando la cripta aparecen numerosos **eyectosomas** (cuerpos mucíferos) que emiten una sustancia, que es líquida en el interior celular y que cuando entra en contacto con el agua gelifica. Existe algún pirenoide, y los productos que elaboran siempre se localizan en el exterior del plasto pero en la cara interna. Forman parte de la biomasa y constituyen parte del primer escalón de la cadena trófica.

### **Incerta sede.**

En este grupo se engloban las algas que no se sabe a ciencia cierta a qué división pertenecen o en que división pueden ser situadas. Es algo así como la división deuteomycotina (Fungi imperfecti) de los hongos.

## **TEMA XXIII: REINO PLANTAE. DIVISIÓN BRYOPHYTA.**

### **Reino Plantae.**

El reino planta se caracteriza por la presencia de **embriones**. En las algas se formaban cigotas que se independizaban. En las plantas madres se forman las jóvenes plantas (embriones), esas plantas presentan un desarrollo continuo en los briófitos y en los pteridófitos, pero en las plantas superiores (antófitas) la planta se queda en la semilla donde se desarrolla.

Todas las plantas son organismos adaptados al ambiente xérico terrestre. La existencia de mucha energía en estos ambientes supone una gran ventaja. La adaptación al medio terrestre ha tenido lugar progresivamente y con vistas a algunas adaptaciones fundamentales, como por ejemplo la organización de una estructura rígida (tejidos mecánicos), organización de tejidos absorbentes de la energía de la luz. Los organismos que viven en un ambiente terrestre necesitan de un potente sistema absorbente de los nutrientes, que están localizados en el suelo, también necesitan un gran sistema conductor para comunicar la parte aérea y la subterránea. En un ambiente terrestre un organismo se puede deshidratar sino toma las medidas adecuadas, por ellos aparecen los tejidos protectores, limitantes, que controlan esta pérdida de agua. Los tejidos aparecen como consecuencia de

la necesidad que se da en el ambiente terrestre, dentro del agua esta organización de los tejidos no se necesita pues el agua es un medio muy homogéneo.

Con la evolución, la independencia del agua tiende a ser mayor. Los briófitos todavía tienen que vivir en ambientes húmedos y se les exige en su ciclo que en la zona en la que viven exista un determinado tiempo en el que haya agua, de manera que esa agua la necesitan cíclicamente. A medida que la adaptación al medio terrestre es mayor, esa dependencia del agua disminuye, lo que no implica que no se necesite agua.

Todos los organismos del reino planta presentan la oogamia como forma de reproducción sexual. Hay macrogametos inmóviles y protegidos, así pues en el reino planta aparecen los **gametangios**. Esto es más patente en los escalones más inferiores y la tendencia se va reduciendo conforme cambiamos de nivel, en gimnospermas y en angiospermas, en éstas últimas no se pueden reconocer muy bien. Los microgametos en los primeros escalones han de ser forzosamente flagelados, por eso se necesita la fase de agua líquida (briófitos y pteridófitos), en las gimnospermas aún podemos encontrar estructuras flageladas y estructuras que han dejado de tener flagelos y en las angiospermas no hay estructuras flageladas por muy primitivas que sean estas angiospermas.

Los ciclos biológicos cuentan todos con una fase haploide (**gametofítica**) y una fase diploide (**esporofítica**). En los briófitos la fase dominante es el gametofito que es la planta y normalmente el esporofito vive a expensas del gametofito. En los pteridófitos la planta en sí es el esporofito, pero todavía encontramos pequeñas plantas que constituyen la fase gametofítica. Dentro de los pteridófitos encontramos dos grupos, los **isospóreos** (gametofito monoico) y los **heterospóreos** (se organizan macro y microgametofitos, dioicos). Las plantas superiores son todas heterospóreas y las macro y microsporas no se eliminan al exterior como ocurre en los pteridófitos. En las antófitas, las macro y microsporas sufren una reorganización, de manera que las macrosporas quedan inmóviles y protegidas en el esporofito y las microsporas viajan con independencia del agua. En las antófitas la planta en sí es el esporofito y el gametofito es muy pequeño. Parece ser que el esporofito es la fase que se adapta mejor al ambiente terrestre.

### **División Bryophyta.**

El representante más importante es el grupo de los **musgos**. La división también consta de las **hepáticas** y los **antocerotes**. Los briófitos viven en ambientes que han de presentar agua en algún momento, pero pueden vivir en sitios muy secos. Presentan una morfología muy sencilla y su tamaño es relativamente pequeño y aunque su inicio en la formación de tejidos es patente se ve claramente que no los presentan. Tienen tallos muy diversamente ramificados, pequeñas hojas y ricidios.

#### Musgos:

Hay dos tipos de musgos:

Unos que presentan una extensión paralela al suelo y que son grandes y profusamente ramificados formando almohadillas extendidas por el sustrato. Viven en ambientes húmedos o encharcados. Este tipo de musgos es denominado **pleurocárpico**. El otro grupo de musgos se denomina **acrocárpico** y presentan sus tallos erectos que crecen hacia arriba, se ramifican y alcanzan tamaños relativamente pequeños. Es frecuente su estructura almohadillada, cespitosa y pueden vivir en zonas más xéricas que el grupo de los pleurocárpicos, ya que los acrocárpicos son más pequeños.

Un ejemplo de un musgo dioico es aquel en el que aparecen los gametangios típicos, el femenino se denomina **arquegonio** y cuenta con una pared formada por células estériles y un cuello de botella que es más o menos alargado y que interiormente presenta unas células que cierran el orificio, estas células son las **células del canal del cuello** y pueden aparecer en número de 5 a 7, la última de ellas puede ser algo más grande y se denomina **célula del vientre**. En la base (parte más ensanchada) se sitúa una única oosfera, el macrogameto.

Cuando el arquegonio madura, las células del canal del cuello se desorganizan permitiendo la entrada a los anterozoides. El gametangio masculino tiene forma de maza y se denomina **anteridio** y cuenta con una cubierta formada por células estériles que encierran un conjunto de células que se transformarán en anterozoides (estructuras flageladas). Tanto el arquegonio como el anteridio suelen aparecer reunidos en estructuras especiales, y bien pueden hacerlo en la misma planta (monoico) o en distintas plantas (dioicos). Se necesita agua para la maduración, ya que se rompe el anteridio y los anterozoides nadan hasta alcanzar los arquegonios. Una vez fecundado el cigoto no se paraliza el desarrollo sino que progresan las divisiones, formándose el embrión y se organiza la fase diploide (esporofítica), de los muchos arquegonios que existen, se fecundan varios pero, puesto que los musgos son pequeños, pueden mantener pocos esporofitos, y normalmente sólo se desarrolla un único esporofito, pero si el musgo es grande podrá soportar más de uno, aunque no es lo normal. Los acrocárpicos difícilmente pueden mantener más de un esporofito, teniendo en cuenta que éste vive a expensas del gametofito y que prácticamente no desempeña la función clorofílica.

Un esporofito consta únicamente de un pequeño pedicelo alargado por el que queda unido al gametofito, en el extremo de este pedicelo se organiza un gran esporangio que es la única estructura diploide que hay en la planta y que sólo aparece en una determinada época del año.

### Hepáticas:

Las hepáticas constituyen dos grupos: **hepáticas foliosas** y **hepáticas talosas**. Las hepáticas talosas se extienden por el sustrato y pueden alcanzar tamaños de varios cm. Los **antocerotes** son pequeños, cuyo gametofito recuerda a las hepáticas talosas. Tienen un esporofito más evolucionado y en su epidermis pueden apreciarse verdaderos estomas con células oclusivas, controlan así la evaporación y la transpiración. En los musgos y en las hepáticas hay estomas, pero éstos carecen de cierre.

### Ciclo de los musgos:

El ciclo de un musgo típico presenta una alternancia heteromórfica. En una especie dioica, aparece en uno de los pies los anteridios y en el otro pie aparecen los arquegonios. En la planta femenina aparecen, en determinadas zonas, pequeños grupos de arquegonios y puede fecundarse más de uno, pero normalmente sólo uno se desarrollará. El esporofito vive a expensas del gametofito y por ello sólo uno de ellos puede ser mantenido. En el extremo de determinadas ramificaciones de los musgos acrocárpicos aparece un esporofito, en los pleurocárpicos pueden aparecer varios pero no lo hacen en los extremos. El esporofito cuenta con un pedicelo más o menos alargado, que en el extremo porta un esporangio. Ese esporofito se desarrolla a partir de un cigoto de la oosfera del interior del arquegonio. Frecuentemente cuando se desarrolla este esporofito, las paredes del arquegonio también tienden a desarrollarse hasta que son desgarradas por la cápsula del esporangio, entonces puede quedar restos de este arquegonio en la base y en el extremo del esporofito. En la base queda a modo de pequeña envuelta y en el extremo queda otro resto, más visible, y que forma una cofia que es haploide. La cofia caerá. El esporangio tiene una pequeña tapadera llamada **opérculo** que cae cuando éste madura, dejando al descubierto, en la boca, unos pequeños dientes que se denominan **dientes del peristoma**. Estos dientes pueden ocupar una o dos filas, hablándose de **peristoma simple** o **peristoma doble** respectivamente. Los dientes del peristoma actúan como un mecanismo secundario que facilita la dispersión de las esporas. En la época húmeda los dientes tienden a cerrarse y en la época seca se abren. En el interior del esporangio se produce la meiosis y la formación de multitud de esporas haploides que son iguales todas ellas. En las especies dioicas el 50% de estas esporas son de un sexo y el otro 50% de las esporas son del otro. Estas esporas se esparcen por la acción del viento y cuando llegan a un lugar adecuado tienden a desarrollarse. El primer desarrollo de las esporas es un desarrollo filamentoso diversamente ramificado en los musgos, que toma el nombre de **protonema**. Esos protonemas aparecen a modo de yemas que desarrollaran el tallo con las hojas iniciándose así la auténtica planta, el gametofito. Independientemente de este ciclo los gametofitos pueden reproducirse por simple fragmentación o por formación de propágulos, que son conjuntos de células que se desprenden de la planta madre y que pueden constituir gametofitos, de esta manera se perpetúan fácilmente. Los gametofitos pueden ser estructuras perdurables y no sólo anuales. El protonema presenta un

máximo de desarrollo en los musgos y en el resto de las clases este desarrollo es más fugaz.

#### Ciclo de hepática talosa:

El aspecto de la planta es de un talo paralelamente dispuesto al suelo. Las ramificaciones son dicotómicas. En la base del talo se aprecian una serie de rizoides por los que la planta se fija al sustrato. Se puede apreciar una serie de capas de células incoloras a modo de médula y en la parte superior hay una serie de cámaras que conectan al exterior mediante una serie de estomas incompletos (sin cierre). En las cámaras hay una serie de células clorofílicas en columna, son células verdes.

Las hepáticas talosas pueden formar propágulos que multiplican el gametofito. En una especie dioica, en el pie masculino se organiza los **anteridióforos** y en el pie femenino los **arquegonióforos**. Son estructuras alargadas, en forma de sombrilla, en las que los anteridios y los arquegonios se sitúan en el envés de la sombrilla. La época de maduración tiene que coincidir con la humedad ya que la pared del anteridio se rompe en condiciones húmedas de manera que los microgametos pueden nadar y alcanzar el arquegonio. Las gotas de lluvia hacen que los microgametos alcancen el arquegonio, que está situado arriba. Uno o más arquegonios pueden ser fecundados. En las hepáticas, esta fase diploide (esporofito) puede ser más menuda. El esporangio es más sencillo que el de los musgos, cuenta con una pared, que cuando madura se agrieta. A veces, esas grietas adquieren una forma característica. En las hepáticas aparecen dos tipos de células, las esporas y otras células en forma de muelle, los **eláteres** o **elaterios**. Estos muelles están arrollados, y en la época seca se disparan ayudando a la dispersión de las esporas. Estas esporas son la mitad de un sexo y la otra mitad del sexo complementario. En las especies monoicas todas las esporas son iguales. Las esporas, cuando se desarrollan, dan lugar a una fase protonema que es muy fugaz.

#### Ciclo de hepática foliosa:

En las hepáticas no hay presencia de nervio. La hoja se sitúa en un plano, mientras que la de los musgos se disponen en tres o más filas alrededor del tallo, y frecuentemente debajo de las hojas aparecen unas estructuras más reducidas, de origen foliar, que se denominan **anfigastros**. Prácticamente, las hojas de las hepáticas cuentan únicamente con una fila de hojas con borde redondeado, mientras que la de los musgos son puntiagudas y tienen nervio, presentando a veces más capas.

No hay tejidos mecánicos ni conductores, pero hay células que inician ese trabajo. En la periferia hay células que simulan a tejidos mecánicos y en el interior hay otras que simulan a los tejidos conductores (estereidas, leptoides, hidroides). Los briófitos no tienen mecanismos de defensa frente a la deshidratación. En época seca se desecan y en la época húmeda absorben gran cantidad de agua. Algunas viven en zonas muy secas y se deshidratan y la parte periférica muere pero siempre queda algo en el interior, que con la reviscencia se vuelve a desarrollar la planta.

#### Antocerotes:

Presenta una morfología que recuerda a las hepáticas talosas, aunque cuentan con un esporangio más desarrollado en el que se destaca la presencia de estomas con células oclusivas. Dentro de los briófitos, los estomas verdaderos sólo aparecen en la epidermis de los esporangios de los antocerotes.

Ningún briófito vive en agua marina, aunque sí cerca del borde. Los briófitos colonizan siempre zonas húmedas, algunos actúan como verdaderos colonizadores de ambientes relativamente xéricos. Las plantas superiores si no disponen de un suelo no colonizan, pero el musgo sí que lo puede hacer. Los briófitos no han evolucionado, son una línea lateral dentro de las plantas terrestres. Mas evolucionados que ellos son los pteridófitos.

### **TEMA XXIV: DIVISIÓN PTERIDOPHYTA.**

## División Pteridophyta.

La fase diploide domina sobre el gametofito, la planta adulta es diploide. Los pteridófitos se iniciaron hace 400 m.a. cuando se acabó de formar la capa de ozono en condiciones de proteger de los rayos ultravioletas. Los fósiles más antiguos de las estructuras terrestres aparecen alrededor de los 400 m.a. En el Carbonífero proliferaron mucho, y en el Pérmico el ambiente se reseco mucho por lo que algunos grandes grupos desaparecieron, pero otros lograron adaptarse iniciando nuevos organismos. Hoy en día existen muchos representantes y algunos están en regresión.

Los pteridófitos se subdividen en cuatro grupos. Las **Psilofitneas**, que parece que son los iniciales e incluso se piensa que de ellos se establecieron los briófitos, las **Licopodineas**, las **Equisetineas** y las **filicíneas**.

**En ambientes terrestres las fases diploides se adaptan mejor. En algunos briófitos ya se inicia la adaptación a los ambientes terrestres, p.e. los antocerotes presentan verdaderos estomas y la presencia de estomas implica la existencia de tejidos limitantes. En las plantas vasculares lógica y progresivamente se van a constituir nuevos tejidos. El ambiente terrestre cuenta con una mayor energía, la luz no tiene que atravesar capas de agua y la energía no se pierde por el camino, por ello en los ambientes terrestres se organizan grandes estructuras receptoras. Para aumentar la superficie de absorción se forman las plantas de la serie micrófila que presentan pequeñas escamas laterales, también aparecen las plantas de la serie macrófila que presentan grandes estructuras laterales. Todas las plantas más superiores son de la serie macrófila, han tenido más éxito, pero quedan reliquias de las micrófilas.**

En un ambiente acuático la solicitud que más se ejerce es la tracción. Las algas más organizadas tienden a presentar estructuras resistentes a esta tracción, las talófitas tienen estructuras a modo de nervio en la parte central. En un ambiente terrestre no es la tracción la sollicitación que más se ejerce, se necesita organizar una estructura para soportar un gran peso. En los ambientes terrestres la sollicitación es la compresión. De este modo, aparecen ciertas sustancias como la lignina, que es característica de la membrana secundaria de determinadas células de los tejidos mecánicos y conductores. Unos tejidos auténticamente mecánicos y conductores cuentan con elementos lignificados. Estos elementos en un principio se organizaban en el interior de los tallos formando una estructura maciza que evolutivamente se ha desplazado hacia la periferia. Si en un principio la estela se denomina protoestela es porque existe una desconexión con la periferia. La parte periférica no podía organizar apenas estructuras y si que podía asumir el papel de la realización de la función clorofílica y el trasvase de sustancias entre células, se constituyó la serie de las micrófilas. Con el tiempo se fue modificando esta estructura y apareció la serie de las macrófilas, en las que las estelas llegan a los extremos que en un principio tenían ramificaciones dicotómicas, lo que implica un primitivismo en estos organismos. Las dicotomías se sitúan en un plano y se fusionan entre sí (fenómenos de planación y concrecencia). Aparecen estructuras planas y grandes en los extremos, a los que ahora si que llega la estela. Las plantas de la serie macrófila predominan sobre las plantas de la serie micrófila.

Dentro de las plantas vasculares es donde el esporofito domina sobre el gametofito. Aparecen los pteridófitos y se discute acerca de sí el ejemplar más antiguo es de hace 500 m.a., ya que se ha encontrado un fósil (Siberia) que corresponde a un fragmento de una estructura vegetal y que data de esta fecha. Los fósiles enteros aparecen hace 400 m.a. A partir de este grupo inicial de pteridófitos pronto se separan las distintas líneas evolutivas. Los pteridófitos se pueden agrupar en cuatro clases que son: Psilofitneas, Licopodineas, Equisetineas y Filicíneas.

### Clase Psilofilneas:

Son las más antiguas, las más simples en organización. En sus primeros estados las plantas no tenían ni verdaderos tallos ni raíces. En la especie extinguida *Rhynia major* se observa la presencia de un rizoma subterráneo que es plurienal y como está en el suelo soporta condiciones adversas. La parte aérea puede morir,

pero también se puede organizar al año siguiente. Los tallos presentan ramificaciones dicotómicas y carecen de micrófilas, es pues la epidermis del vástago aéreo la que realiza la función clorofílica. En las terminaciones aparecen los esporangios. En corte transversal ya se muestran adaptaciones al ambiente terrestre, ya que aparecen tejidos limitantes (epidermis, estomas) pero no hay ni tejidos mecánicos ni conductores. Es el fósil de pteridófito más antiguo del que se tiene constancia.

Hoy en día esta clase está representada por dos especies que viven en ambientes húmedos. Tienen tallos subterráneos con rizomas de los cuales parten tallos aéreos ramificados dicotómicamente y que cuentan también con la presencia de escamas (serie micrófila). Hay una estela interna que no comunica con la micrófila. La sección del tallo es triangular y en la parte más corta del triángulo se sitúan las escamas portadoras de esporangios, a estas escamas se les denomina **esporófilos** y a las escamas que realizan la función clorofílica se les denomina **trofófilos**. También se puede dar la situación intermedia, los **trofoesporófilos**. Todas estas estructuras se dan en el esporofito. El gametofito es pequeño y en los pteridófitos se denomina **prótalo**. Todos los prótalos tienen estructuras taliformes, son muy pequeños y carecen de cualquier estructura que se parezca a las hojas, el tallo o la raíz.

El gametofito de *Psilotum* es monoico y cuenta con anteridios y arquegonios. Los anteridios producen los anterozoides, que nadan activamente hasta alcanzar el arquegonio pertinente al que fecundan. Sin producirse ningún descanso se constituye un cigoto, el embrión y por último un nuevo esporofito. El gametofito vive a expensas del esporofito.

La especie *Tmesipteris tannensis* vive en lugares muy húmedos sobre otra planta. Cuenta con micrófilas que son de dos tipos, trofófilos y esporófilos. El trofófilo está enteramente rematado por un nervio y el esporófilo es bífido y porta los esporangios. Cuenta con un prótalo similar al de *Psilotum*. Ambas especies se pueden considerar como fósiles vivientes.

#### Clase Lycopodinea:

Todas ellas cuentan con micrófilas. Uno de sus representantes es el *Lycopodium clavatum*. El gametofito es monoico y en la base cuenta con rizoides y con micorrizas. En la parte de arriba, en su parte central, hay unos cuantos anteridios y alrededor de ellos se sitúan los arquegonios. Sólo suele salir adelante un único embrión. El esporofito cuenta con tallos rastreros de los que parten las raíces y estos tallos están cubiertos por micrófilas. A partir del tallo rastrero se organizan otros vástagos perpendiculares a éste, son erectos y suelen terminar en dicotomías. Los vástagos también se encuentran cubiertos por micrófilas que son estrechas y alargadas. En los extremos se habla de espigas esporófilas, que están formadas por esporófilos más anchos y más cortos que los trofófilos y en cuyo interior está el esporangio. Hasta ahora todos los casos vistos son isospóreos.

Otro representante es el *Phyloglossum arummondii* que se puede reproducir vegetativamente. Se aprecia la presencia de raíces y micrófilas en la base, y un pequeño tallo que remata en una espiga esporífera que cuenta con esporófilos pegados entre sí y que contienen los esporangios. La planta tiene 4 cm de longitud.

El esporofito de *Selaginella* es monoico. Los prótalos son muy pequeños y no abandonan la pared de la espora. El prótalo masculino se desarrolla en el interior de la microspora (anterozoide). La macrospora se agrieta por encima y organiza rizoides que toman agua, fabrican los arquegonios pero sólo uno de éstos organiza el embrión que dará la planta definitiva.

*Isoetes* no es muy frecuente y vive en zonas inundadas. Presenta micrófilas alargadas con la base ensanchada, las más exteriores son trofófilas, en la parte media aparecen esporófilos con macrosporangios y en la parte más interna aparecen esporófilos con microsporangios. El ciclo es igual al de la *Selaginella*.

En las lycopodineas fósiles aparecen representantes de grandes dimensiones, algunos podían alcanzar hasta 30

m.

### Clase Equisetineas:

Ha sido un grupo que ha ido menguando. En la actualidad se conoce un único género, *Equisetum*, que cuenta con muchas especies, todas ellas herbáceas. Existen fósiles arborescentes. Las equisetíneas se caracterizan por sus tallos articulados y en las cercanías de las articulaciones se sitúan las hojas, que son de tipo micrófilo, estas hojas están soldadas a modo de una vaina. También cercana a la articulación aparecen las ramificaciones que son de tipo verticiliado. Tiene tallos tipo rizoma, que son perennes y que se extienden paralelamente al suelo por debajo de él, y de vez en cuando se va dando lugar a tallos aéreos. Los tallos llamados **estériles** son los que se encuentran más ramificados, hay otros tallos denominados fértiles que se ramifican poco o no lo hacen, las hojas de éstos están soldadas entre sí formando una vaina con una serie de dientecitos cada uno de los cuales corresponde a una micrófila. En el extremo de los tallos fértiles aparecen unas piñas formadas por unas escamas que son los esporófilos modificados, que reciben el nombre de **esporangióforos** y en la cara interna aparecen 6 u 8 esporangios. La forma de los esporangióforos se aproxima mucho a la de un hexágono. En el interior de cada esporangio se organizan esporas que son muy particulares en los equisetos. Todas las esporas presentan dos cintas cruzadas y enrolladas alrededor de la espora. Con la sequedad estas cintas se extienden y forman una estructura en forma de cruz. A estas cintas se les denomina **eláteres** o **elaterios**. El viento dispersa mejor las esporas gracias a los eláteres. Todas las esporas son iguales, es pues un grupo isospóreo. A pesar de ser isospóreo funciona como un grupo heterospóreo en función de las condiciones del medio, ya que las esporas que caen en suelo fértil podrán dar lugar a una estructura más desarrollada que si estas esporas caen en un suelo más pobre. Se puede deducir que el prótalo masculino, que necesita menos tiene un menor desarrollo pues únicamente organiza unos cuantos anteridios que dan lugar a los anterozoides y que, por otro lado, tenemos los prótalos femeninos que alcanzan un mayor desarrollo. En suelos fértiles tenemos prótalos femeninos y en suelos pobres tenemos prótalos masculinos. En el prótalo femenino se organizan los arquegonios y sólo un arquegonio fecundado suele ser viable, una vez fecundado el arquegonio el cigoto comienza a dividirse transformándose en un embrión que dará lugar al esporofito.

Los tallos tienen una morfología muy desarrollada. Externamente se aprecian unas costillas salientes, las **quillas**. Los tallos no son redondos, tienen entrantes y salientes cuyo número varía entre las distintas especies. La parte entrante se conoce como **valle** o **vallécula**. La epidermis está fuertemente silicificada. En la parte interna de la epidermis hay tejido colénquimático que mantiene esta estructura. El parénquima clorofílico aparece organizado en una serie de bandas. Es notoria la presencia del parénquima cortical, en donde se encuentran muchas lagunas, muchos conductos aeríferos. Estas lagunas coinciden con la parte interna de los valles, el número de lagunas corresponde al número de valles. El tamaño es muy variado y depende de la especie. Hacia el interior aparece una vaina protectora resistente y más hacia el interior se localizan muchos haces vasculares. El número de haces vasculares también es el número de quillas. En el interior de los haces vasculares hay médula y una gran laguna medular. Los equisetos están bien adaptados a vivir en lugares encharcados y la llegada del oxígeno a la parte subterránea se produce a través de las lagunas.

### Clase Filicíneas:

Se dice que todas las filicíneas poseen macrófilas. Se conocen generalmente como helechos. A las hojas se les denomina **frondes** y pueden ser enteros o diversamente divididos. A cada una de las divisiones de la hoja se le llama **pínnula**, que son de primera, segunda o tercera categoría.

Las filicíneas se originaron a partir del grupo más primitivo pero pronto se diferenciaron. Un primer grupo inicial tuvo su máximo esplendor en el Carbonífero pero al final se extinguió, fueron las **primofilicíneas**, de las que quedan muchos fósiles. El fronde de las primofilicíneas corresponde al tipo trofoesporófilo y hacia los extremos se sitúan las pínnulas que son de tipo esporófilo.

El esporófilo cuenta con un rizoma secundario que es perenne. Se organizan los tallos aéreos en los cuales

aparecen los frondes. En general los frondes son trofoesporófilos, pero distintos a los de las primofilicéneas. En diversos sitios del envés aparecen pequeñas reuniones de esporangios, que a veces se encuentran protegidas por una membrana que se denomina **indusio**. En general hay dos tipos de esporangios, que distinguen a dos grandes grupos de filicéneas: las **leptosporangiadas** y las **eusporangiadas**. Al conjunto de esporangios se le denomina **soro**. El esporangio se agrieta y gracias a un anillo se produce la apertura de éste en dos porciones y se permite la salida de las esporas. Pueden darse casos de helechos isosporos y helechos heterosporos. Cada espóra da lugar a un prótalo, que presenta anteridios y arquegonios que tienden a reducirse. El anteridio da lugar a microgametos flagelados, los anterozoides, que nadan en el medio externo buscando los arquegonios. En el prótalo pueden haber varios arquegonios, por lo que se pueden dar varias fecundaciones pero solamente se puede organizar un único embrión que conduce a un nuevo espermatofito.

Hay esporangios que tienen una cubierta muy gruesa y formada por varias capas de células estériles. Es un grupo menor que abarca las **eusporangiadas**. Las **leptosporangiadas** únicamente presentan una única capa de células estériles y son más evolucionadas y están mejor adaptados que los eusporangiados.

Los hidropteridiales son los helechos de agua, viven en sitios cubiertos de agua e incluso algunos viven flotando. *Marsilea quadrifolia* es heterosporo, y presenta macro y microcarpos en el esporocarpo. *Salvinia natans* es también heterosporo pero es dioico.

## **TEMA XXV: LAS PLANTAS CON SEMILLA (ESPERMATOFITOS).**

### **Características generales.**

Son las plantas más extendidas. Colonizan muchos nichos diferentes. El éxito de los espermatofitos es debido a su organización en tejidos que los capacitan a desenvolverse en un ambiente terrestre. Otra clave del éxito radica en su reproducción, se forman embriones que están protegidos. Se inventan las semillas, los prótalos que en los pteridófitos estaban al aire ahora están en el interior de los tejidos esporofíticos que les van a proteger. El gametofito (prótalo) masculino viaja en el polen, se organiza en el interior y tiene una cubierta que le protege permitiéndole viajar grandes distancias bien en medios inertes (aire, agua) o medios animales con los que consiguen alcanzar más efectivamente el prótalo femenino. No aparece ninguna planta independiente, ningún gametofito se desarrolla fuera del esporofito. Todas las espermatofitas son heterosporas y en general se subdividen en dos grandes grupos denominados gimnospermas y angiospermas. Las gimnospermas únicamente presenta estructuras leñosas plurienales que tienen semillas pero no frutos. Algunas semillas encontradas en las tumbas de los faraones han logrado germinar. Tanto gimnospermas como angiospermas se encuentran en amplitud y entre ellas las angiospermas son las mejor adaptadas.

Las espermatofitas aparecen hace 400 m.a. iniciándose varias líneas que han divergido. Algunos grupo únicamente se conocen como fósiles, otro en cambio sólo tiene una especie (*Ginkgo biloba*).

## **TEMA XXVI: GIMNOSPERMAS.**

Existen cuatro clases en el grupo de las gimnospermas. Estas cuatro clases son: Gynkgophyta, Cycadophyta, Conipherophyta y Gnetophyta. Las dos primeras clases son muy primitivas, el grupo con más éxito es el de las conipherophytas y cuenta con muchos representantes. Las gnetophytas cuentan con menos representantes y es el más moderno presentando algunas características comunes con las angiospermas.

### **Clase Gynkgophyta:**

Todo lo que se conoce de esta clase es fósil con excepción del *Ginkgo biloba* que vive en determinadas zonas de Asia (China y Japón) pero que está muy extendido por casi todos los jardines botánicos del mundo. El ginkgo es una especie leñosa arbórea, cuyo porte puede alcanzar 30–40 m. Es una especie dioica y tiene hojas caducas que se desarrollan más o menos largas, con entrenudos separados que reciben el nombre de

**macroblastos** y ramas con entrenudos más cortos que reciben el nombre de **braquiblastos**. La hoja es muy peculiar, flaveliforme, con forma de abanico y que tiene una pequeña escotadura. Los nervios de la nerviatura tienden a presentar dicotomías, lo que es un carácter arcaico.

En primavera, en el árbol masculino aparecen en brotes terminales pequeños grupos de estambres. A cada uno de estos conjuntos se le puede considerar como una flor masculina (unisexual) y cada estambre de esa flor consta de un corto filamento que porta dos sacos polínicos. Es de destacar que las hojas próximas a la flor masculina y también próximas a la flor femenina difieren un poco de la hoja normal ya que no se aprecia la escotadura media. En el interior del saco polínico existe gran cantidad de células que tras la meiosis se transforman en células haploides, células madres del polen que son las microsporas. La microspora de una gimnosperma presenta una serie de células que provienen de las varias mitosis de la célula inicial. En el grano de polen se cuenta con una gran **célula vegetativa** que organiza el tubo polínico, las **células gametógenas** que dan lugar a dos gametos flagelados, a continuación aparece una serie de células que no tienen ningún papel. El grano de polen tiene la cubierta formada por intina y exina. El grano de polen es trasladado a las plantas femeninas por la acción del viento.

Aparentemente, la planta femenina es igual. En primavera se aprecian las flores femeninas y cada una presenta dos óvulos en los que se aprecia también una pequeña envuelta que únicamente les rodea en parte. Los óvulos se sitúan en el extremo de un pedicelo. Estos óvulos se desarrollan a partir de la primavera y crecen mucho en tamaño y sólo uno prevalece. Una flor femenina adulta consta de un gran óvulo que tienen en la base un pequeño óvulo abortado. En un corte de un óvulo, externamente se aprecia un tegumento en el que se aprecian tres capas distintas. Una más externa carnosa y que se denomina **sarcotesta** y que consta de unas bolsas con sustancias mucilaginosas. Esta sarcotesta limita hacia el interior con una **esclerotesta** que es una cubierta fina y dura. Más hacia el interior se sitúa la **endotesta** que es muy fina. El tegumento protege lo que hay en el interior, donde se encuentra la nucela que es diploide, y en el interior de la nucela es donde se organiza el gametofito o prótalo (haploide). Se organizan dos arquegonios muy sencillos que constan cada uno de ellos en cuatro células que forman el tubo de la botella, el cuello es ahora más corto que en los briófitos, y hay una célula del vientre y una gruesa oocélula. La pared de la base del arquegonio es prestada, es una pared protalar, es decir, formadas por muchas células del prótalo. Hay una cámara polínica en donde hay un líquido en el que podrán nadar los anterozoides, este líquido ya desaparece con las auténticas gimnospermas. El prótalo se organiza y en el interior del óvulo hay una nucela que es diploide y destaca una célula que sufre la meiosis, tras lo cual se consiguen cuatro células haploides que se sitúan una debajo de la otra. De esas cuatro células tres degeneran y la que queda es la macrospora haploide, equivalente a la macrospora de un pteridófito. La macrospora sufre divisiones y constituye el prótalo, que reside en el interior de la nucela. Al estar el embrión en el interior de la planta madre, la nucela sirve como material nutritivo y el tegumento se encarga de la protección.

Cuando el micropilo está abierto puede darse la polinización y pueden caer uno o varios granos de polen. Estos granos de polen acaban organizando un peculiar tubo polínico que organiza estructuras ramificadas que quedan fijadas en la pared de la nucela, en el interior las células sufren diversas mitosis y la célula gametógena da dos anterozoides, que tienen una coronita de flagelos. El tubo polínico se abre y deja salir los anterozoides, que pasan a nadar en la cámara polínica, que está rellena de un líquido. Se pueden organizar hasta dos o tres arquegonios y se pueden fecundar hasta dos, pero sólo uno prevalecerá. Llega un momento en que la nucela se carga de sustancias nutritivas haya o no haya fecundación, lo que implica que no hay una buena coordinación. Actualmente se discute si la semilla del ginkgo es una verdadera semilla, ya que en esta semilla se acumulan sustancias de reserva antes de la fecundación, los óvulos se pueden desprender de la planta materna antes de la formación completa del embrión, el embrión no ralentiza su desarrollo como ocurre en el resto de gimnospermas y angiospermas. La presencia de anterozoides aproxima a los ginkgos con los pteridófitos.

#### Clase Cycadophyta:

Hay muchos representantes fósiles y hoy en día quedan algo más de un centenar de especies. Todas las

cicadofitas son leñosas y su porte típico es parecido al de una palmera. Las cicadofitas presentan raíces de dos tipos: las **laterales**, que son las más externas y que son de tipo coraloide, tienden a perder el geotropismo positivo adquiriendo fototropismo positivo, ya que alojan cianofíceas en su interior, esta simbiosis es beneficiosa por el aporte extra de nitrógeno ya que el género de cianofíceas *Anabaena* tiene heterocistos (células vegetativas modificadas, más grandes, y que tienen la misión de fijar el nitrógeno atmosférico). Las cicadofitas tienen por otra parte las raíces normales y corrientes. Las hojas de las cicadofitas son relativamente grandes y pueden ser o bien enteras o bien divididas, esto último es lo más normal. Casi todas las cicadofitas viven en zonas intertropicales y son dioicas.

Como ejemplo representativo de las cicadofitas tenemos una que está muy extendida como planta ornamental, es el género *Cycas*. La raíz que contiene en simbiosis las cianofíceas es de tipo **coraloide**. Este género tiene distribución dioica, las plantas masculinas presentan en su parte central unos conos formados por escamas, que realmente son estambres. Estas escamas tienen en su cara interior pequeños grupos de sacos polínicos. Los sacos polínicos elaboran gran cantidad de granos de polen que carecen de sacos aeríferos. Este grano de polen se dispersa por la acción del viento. La cubierta resistente del grano de polen es el invento para que en el interior se organice el prótalo o gametofito masculino. El prótalo masculino consta de varias células de las cuales sólo tienen papel la célula vegetativa (organiza el tubo polínico) y la célula generativa o anteridial (da lugar a los gametos). Existen otras células que carecen de papel, son las células protálicas.

La planta femenina es igual, en cuanto apariencia, a la planta masculina, pero en la parte central el cono está formado por hojas más pequeñas que el resto y además estas hojas son incoloras. Inicialmente, se puede apreciar en el interior una piña formada por muchas de estas hojas (esporófilos). El cono tiende a abrirse, se separan los distintos esporófilos y en cada uno de ellos aparecen dos hileras de óvulos, que son de los más grandes que existen. Un óvulo típico de una *Cycas* no se diferencia prácticamente de uno de una *Ginkgophyta*. En un óvulo de *Cycas*, se observa una pared, el tegumento modificado se transforma en tres cubiertas morfológicamente distintas (sarcotesta, esclerotesta y endotesta). El tegumento encierra la nucela, que sigue siendo diploide. En el interior de la nucela ya se ha organizado el prótalo femenino, que porta en la parte de arriba dos arquegonios similares a los del Ginkgo. La cubierta del arquegonio ha sido sustituida por células del endospermo. Dentro del arquegonio hay una gran oocélula. Existe una cámara polínica, que en el Ginkgo contiene un líquido, pero que en las cicas ya no hay tal líquido, sino que el poco líquido que puede haber procede del tubo polínico, es decir, el grano de polen emite el tubo polínico y aporta los gametos junto con una pequeña cantidad de líquido. Los gametos masculinos son flagelados lo que es una característica primitiva. El grano de polen organiza un tubo polínico muy peculiar, en el exterior de este tubo se forma un apéndice por el cual se fija a la nucela, se abre el tubo y salen los microgametos flagelados. Como de costumbre, uno de los gametos es el que fecunda la oosfera. Únicamente sobrevive uno de los cigotos que se transforma en un embrión y mediante desarrollo continuo da lugar a la semilla, que no es una auténtica semilla.

#### Clase Coniferophyta:

Son las gimnospermas actuales más extendidas. Las coniferofitas son características de las zonas montañosas altas y ocupan grandes extensiones de ecología difícil (p.e. la taiga siberiana). En general, en este grupo se encuentra un gran número de especies muy apreciadas por su madera, una mayoría de estas especies están constituidas por especies arbóreas y todas ellas son leñosas. También las hay de pequeño porte. En las zonas de clima mediterráneo podemos encontrar a los pinos, que tienen un potente sistema radicular que les permite sobrevivir en climas secos. La cantidad de traqueidas dan lugar a una madera muy homogénea, en general esta madera contiene resinas que circulan por numerosos canales, estas resinas tienen aplicaciones diversas. Las coniferofitas tienden a ser moniocas, aunque poseen flores unisexuales. Las coniferofitas son auténticas gimnospermas en las que ya aparece la verdadera semilla y en alguna de ellas también aparecen formaciones que recuerdan a los frutos pero que son falsos frutos pues estos son exclusivos de las angiospermas y provienen de las paredes carpelares, y en gimnospermas todavía no hay carpelos. En su gran mayoría son de hoja perenne pero el alerce es de hoja caduca. La presencia de piñas es muy frecuente y morfológicamente son

muy variadas. Muchas son leñosas y otras muchas carnosas. Las hojas son enteras y adaptadas a los ambientes secos. Las hojas pueden tener forma de aguja algo aplanada o de aspecto de escama y están prácticamente soldadas a la rama..

El género *Pinus* presenta hojas reunidas en pequeños grupos (de 2,3,5 hojas) que se reúnen en un **braquiblasto**, que es una pequeña vaina escamosa. Todos los años, en primavera, tiene lugar el crecimiento de la planta y lo hace por los extremos, en donde se aprecian pequeños brotes que dan lugar a numerosas hojas. También se aprecian unas piñas, las masculinas son pequeñas y cuentan con numerosas pequeñas escamas cada una de las cuales presenta dos sacos polínicos. Cada saco polínico organiza multitud de granos de polen y cada grano de polen cuenta con dos sacos aeríferos que se localizan en la exina. Este mecanismo permite una mejor dispersión gracias a la acción del viento. En el interior del grano se organiza un pequeño prótalo formado por varias células (vegetativa, generativa y células protalares) la célula madre del polen sufre una meiosis y se transforma en numerosos granos de polen.

También existen piñas leñosas que permanecen, y que responden a tres tipos generales. Unas son grandes y abiertas, con las escamas separadas y que están en su tercer año y ya han soltado la semilla. Otro tipo de piñas no están muy alejadas de los extremos y son cerradas, están en su segundo año. Y un tercer tipo de piñas, que son muy pequeñas y que se localiza en los brotes de un año, son las piñas iniciales. Estas piñas tienen muchas escamas, las **escamas seminíferas** tienen en su parte basal a la **escama tectriz**, y o bien una o bien otra se desarrolla mucho posteriormente. Alrededor del eje de la piña se sitúan las escamas seminíferas, que portan dos óvulos que miran al eje con el micropilo. Los óvulos tienen un único tegumento que encierra a la nucela en la que hay una célula que destaca y que sufre una meiosis por la que se obtienen cuatro células de las que tres degeneran. La célula que queda es la célula madre del prótalo, que no se desarrolla en el medio externo y que además está protegida. Una vez ocurrida la fecundación se forma el cigoto y el desarrollo se para liza desde el otoño hasta la primavera siguiente, momento en el que continúa el desarrollo. El arquegonio es similar a lo visto anteriormente, cuenta con cuatro células que forman el tubo de la botella, una célula del vientre y la pared que está compuesta de células del prótalo y en el interior hay una gran oocélula, el macrogameto. Un óvulo con dos años cuenta con el micropilo cerrado y en el interior tenemos el prótalo femenino perfectamente organizado con los arquegonios en la parte superior. Suponiendo que haya llegado el polen se organiza el tubo polínico que ya está a punto para alcanzar la cámara polínica. El microgameto ya no es flagelado, sino que progresa por movimientos ameboides.

El tubo polínico del grano de polen de pino es un poco peculiar, puede estar ramificado. Alcanza la superficie de la nucela gracias a que el micropilo está abierto. En el interior del tubo viajan una serie de células, una de ellas es la **célula vegetativa** y va delante organizando el tubo polínico, a continuación viene la **célula generativa** que se divide en dos constituyendo los gametos. Estas células son acompañadas por las **células protalares** que acabarán degenerando. Durante el primer año tiene lugar la polinización, el micropilo es atravesado y se alcanza la nucela organizándose lentamente el tubo polínico, organización que se paraliza a finales del otoño. En la primavera del año siguiente las piñas presentan las escamas cerradas, el tegumento se suelda y ya no existe el micropilo. El tubo polínico continúa su desarrollo a la vez que el prótalo femenino, que cuenta con dos o tres arquegonios que pueden ser alcanzados por el tubo polínico. En la cámara polínica ya no aparece ningún líquido. El tubo polínico llega hasta la misma entrada del arquegonio, de manera que se abre y permite que algún núcleo o célula espermática pueda alcanzar el arquegonio y fusionarse con la oosfera formando el cigoto. En principio tenemos dos o tres arquegonios y se pueden fecundar todos, pero sólo un cigoto prevalecerá. El cigoto que prevalece sufre varias divisiones, normalmente hasta cuatro, todas estas células inician un desarrollo sobre todo en longitud, estas células son los suspensores y en su extremo llevan otra célula. Hay cuatro suspensores que empujan a la célula del extremo que es la que constituirá el auténtico embrión. La alimentación de este embrión es llevada a cabo por las células de la nucela, que en este momento ya está enriquecida, si no hay fecundación no hay enriquecimiento de la nucela. Finalmente sólo prevalece el embrión mejor situado. A partir de cada óvulo se obtiene un único embrión.

El embrión es una planta joven, en la que se puede diferenciar una parte radicular, una parte caular y los

cotiledones. Cuando la joven planta alcanza un cierto desarrollo, se deshidrata y ralentiza su desarrollo a la vez que el tegumento se transforma en una cubierta protectora. Se ha constituido así una auténtica semilla que se mantiene en espera de las condiciones adecuadas. A la vez, en la escama seminífera hay una porción que se transforma en una estructura plana, aliforme, que se incorpora a la semilla a la que ayuda a diseminarse. La semilla ya está en condiciones de ser diseminada. Las escamas de las piñas llegado este momento se separan permitiendo la salida y la diseminación, que se produce gracias al viento, este es principio del tercer año.

Una semilla auténtica supone que las reservas alimenticias se acumulen tras la fecundación; que una vez formada la semilla pueda ser diseminada, pero no antes; existe una deshidratación y ralentización de la vida del embrión. No habrá germinación hasta transcurrido un cierto tiempo; no hay presencia de anterozoides, puesto que el tubo polínico vierte su contenido directamente en el cuello del arquegonio. Todos estos hechos implican un gran grado de evolución.

El grupo de las coniferofitas se puede subdividir en dos subgrupos: **coníferas** y **táxidas**. Las coníferas son las más evolucionadas de todas las gimnospermas y cuentan con unas 500 especies, incluyen plantas leñosas las cuales constituyen alguna de las estructuras vegetales más grandes que existen (las secuoyas miden unos 115 m), también son de las plantas más longevas, ya que algunos ejemplares de la especie *Pinus langoeva* tienen unos 5000 años. Algunas especies del género *Juniperus* son leñosas arbustivas. En general las hojas presentan adaptaciones a los ambientes secos y por ello dominan las estructuras aplandadas. Son perennes, pero también hay algún representante caduco. El género *Picea* cuenta con piñas colgantes, el género *Abies* tiene piñas erguidas, el género *Larix* tiene piñas pequeñas y erguidas y el género *Cedrus* presenta piñas redondeadas y con escamas anchas. Las piñas pueden servir para diferenciar los diversos géneros. El ciprés (*Cupressus sempervirens*), el *Juniperus communis* y la thuja son parientes cercanos. Los enebros tienen hojas punzantes. Las sabinas suelen ser estructuras leñosas muy grandes. Tienen hojas finas, escumiformes y aplicadas en los tallos. Las piñas del género *Juniperus* se denominan **gálbulos**.

Entre las táxidas tenemos un buen representante en el tejo (*Taxus lacata*) en el que dominan las especies dioicas. En el extremo de determinadas ramificaciones del pie masculino aparece la flor masculina que consta de una serie de escamas en cuyo interior hay un eje con varios estambres, cada estambre presenta de 6 a 8 sacos polínicos, se puede decir que recuerdan a los esporófilos de los equisetos (6–8 esporangios). En el pie femenino se encuentran en los extremos de las ramas las flores femeninas que constan de una serie de escamas que rodean a un único óvulo. En el interior hay unas escamas que tras la polinización y la fecundación se desarrollan mucho y constituyen una estructura de color rojo vivo que recibe el nombre de **arilo** y es la única parte de árbol exenta de toxicidad, así pues resulta un bocado apetecible para las aves, que ayudarán a la dispersión de la semilla. El tejo en nuestra área se encuentra amenazado.

#### Clase Gnetophyta:

También se denominan **clamidospermas**. Este pequeño grupo es de reciente aparición y no hay muchos representantes, pero tienen importancia por su evolución, ya que indica un ensayo hacia las angiospermas, aunque éstas últimas no procedan de este grupo. Un representante de este grupo es la *Ephedra distachya*., es leñosa, pequeña, rastrera y dioica. Tiene hojas muy pequeñas y opuestas. En el pie masculino aparece, en determinadas ramificaciones, pequeñas inflorescencias de flores masculinas que se reducen a unas escamas en la base y a un estambre con varios sacos polínicos, el polen es transportado por el viento.

104

104

TODAS

ESTÁNEN EL

CUADERNILLO

DE PRÁCTICAS