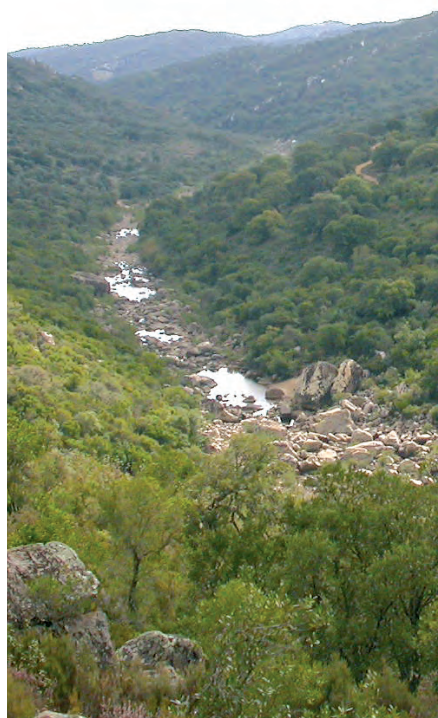




## Pteridófitos: helechos y plantas afines

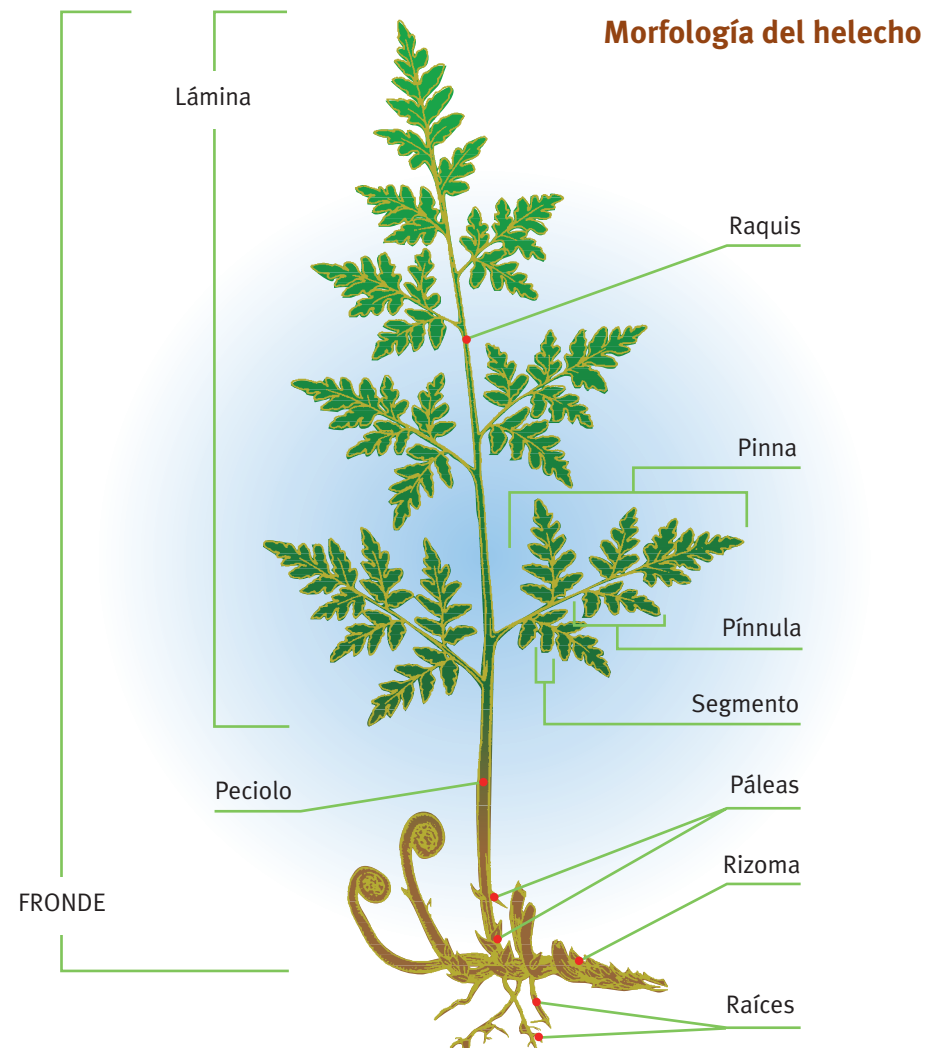
En general solemos llamar helecho a un tipo de planta cuya parte más evidente son sus frondes (hojas de los helechos), de tamaño variable, compuestas por una lámina entera o dividida, dispuesta en un mismo plano, de color verde y que no produce flores. Con esta definición nos limitamos a aquellas plantas que los botánicos incluyen dentro de la Subdivisión Filicophytina, salvo el Orden Salviniales (marsileas y otros géneros acuáticos) que presentan hojas con una morfología diferente. Según esto, al usar la palabra helecho nos referimos a un grupo de plantas encuadradas dentro de un grupo más amplio que comparte una serie de características comunes. A este grupo se le denomina Pteridophytos (del griego *pteris* [helecho] y *phyton* [planta]) y engloba los helechos y plantas afines (lycopodios, isoetes, selaginelas y equisetos).

Los pteridófitos son plantas que no producen flores ni semillas, y su reproducción posee caracteres muy primitivos. Por ello se les considera dentro de las Criptógamas o vegetales “inferiores”. Aunque por otro lado poseen claros signos de evolución en su organización anatómica, la cual se asemeja mucho a las plantas con flores, las Fanerógamas o vegetales “superiores”. Los pteridófitos son un grupo heterogéneo, con especies muy grandes, de hasta 25 m, y otras muy pequeñas de escasos cm. Algunos poseen frondes vistosas de más de 2 m y otros hojas escamosas de mm; también varía su ecología. Aunque predominan las especies de ambientes húmedos y umbrosos, podemos encontrar especies adaptadas a vivir en lugares soleados y con



limitaciones hídricas. El punto de unión de todas las especies que conforman el grupo pteridófitos viene dado por su ciclo biológico, caracterizado por una alternancia de generaciones, donde suele predominar el esporófito sobre el gametófito, siendo ambas fases independientes en su madurez.

La forma de dispersión más evidente en este grupo de plantas son las esporas, realizada principalmente por el viento. Según el tamaño de las esporas podemos dividir los helechos en isospóreos, que producen esporas de igual tamaño, y heterospóreos, que presentan esporas de diferente tamaño.

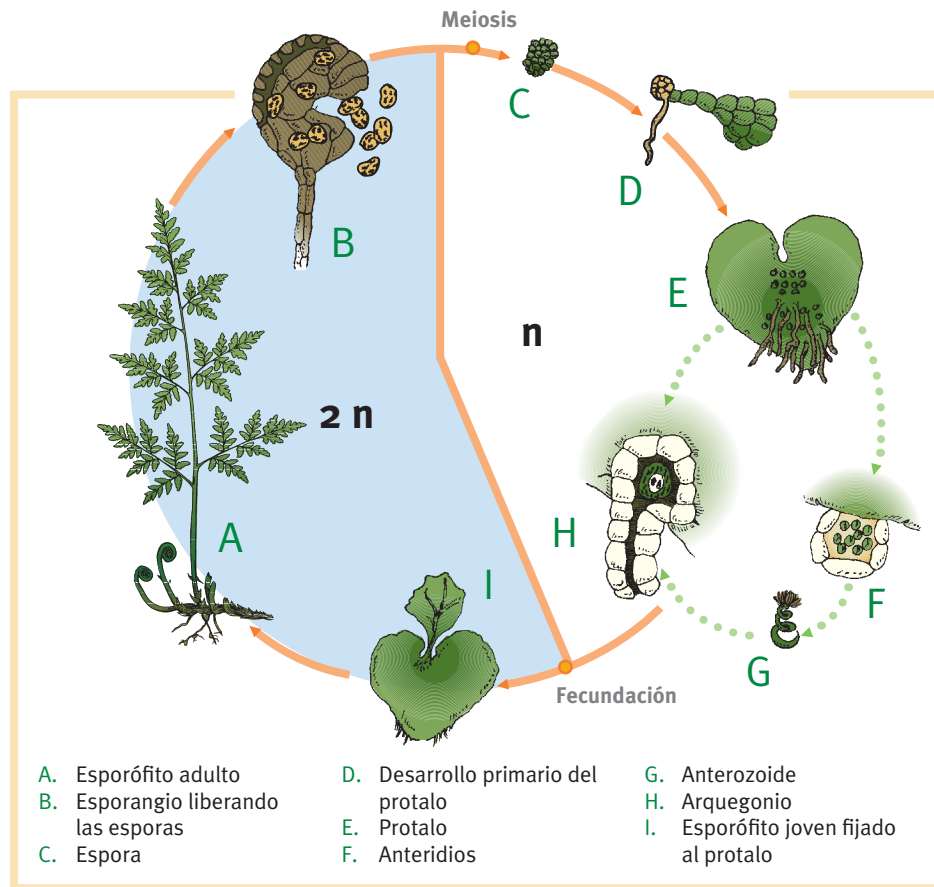


Las esporas están formadas por una célula con una serie de estructuras protectoras, el perisporio, que suele presentar una ornamentación específica. Éstas pueden estar en estado latente durante un tiempo que puede variar de meses a años, a la espera de condiciones favorables para su germinación. Una vez alcanzadas estas condiciones, se produce la germinación de la espora

dando lugar al protalo, organismo autónomo clorofílico de reducido tamaño (rara vez alcanza el cm.) y que en un gran número de especies presenta forma cordada. El protalo es la denominada fase haploide en el ciclo de vida de los pteridófitos, esto quiere decir que sus células poseen un solo juego cromosómico llamado *n*. También se le denomina gametófito, ya que será en él donde



## Ciclo reproductivo de un helecho isospórico



se produzcan los gametos para dar lugar a la siguiente fase. Presentan estructuras muy simples, sin tallo ni hojas, ni tejido conductor. Sólo una lámina fina formada por células clorofílicas idénticas. No posee raíces y la fijación al suelo se produce mediante rizoides, que también contribuyen a la absorción de agua y sales minerales. Algunas especies y grupos presentan gametófitos diferentes a los anteriores. Por ejemplo el género *Vandenbergia* presenta protalos filiformes y ramificados, y en el grupo Psilotophytos son rizomatosos, incoloros y subterráneos.

En los gametófitos se producen los órganos sexuales, que se pueden observar al microscopio. Podemos diferenciar dos tipos, los anteridios u órganos masculinos que aparecen normalmente entre los rizoides, y los arquegonios u órganos femeninos. Existen especies donde el gametófito sólo produce uno de los dos órganos sexuales, pudiendo diferenciarse entonces entre protalos masculinos y femeninos. En los anteridios se producen los anterozoides, células masculinas flageladas. Cuando el medio es muy húmedo, los anteridios

se abren y liberan los anterozoides que nadan hasta los arquegonios, donde se encierra una ovocélula femenina, la oosfera. Esta célula es de gran tamaño e inmóvil. Los anterozoides se guían por quimiotactismo hasta la oosfera. La fusión entre un anterozoide y una oosfera da lugar a un cigoto. Esta forma de reproducción sexual está muy ligada al agua, siendo evidente su carácter arcaico.

El cigoto dará lugar al embrión, que continúa fijado al protalo. En su desarrollo originará la plántula, donde podemos reconocer la primera hoja, raíz y tallo, junto con un órgano embrionario llamado pié. Éste une a la plántula con el protalo permitiendo el intercambio de nutrientes. Con el tiempo el desarrollo de la hoja y la raíz darán autonomía a la plántula. Una vez que el protalo ya no es necesario desaparece y la planta se desarrolla hasta su estado adulto cerrando el ciclo. Esta planta es la que normalmente vemos en el campo y a la que denominamos esporófito, ya que será la que produzca las esporas. Ésta es la fase denominada diploide en el ciclo de los pteridófitos, presentando una dotación cromosómica duplicada a la que solemos llamar  $2n$ .



Vandenbergia speciosa

De forma paralela a la reproducción sexual, algunas especies pueden propagarse de forma vegetativa, dando lugar a nuevos individuos idénticos a los progenitores. Esta forma de propagación es muy eficaz y evita los riesgos de la reproducción sexual, permitiendo la formación de colonias a partir de un solo individuo, pero disminuye la



Osmunda regalis

*Culcita macrocarpa*

variabilidad genética de la población eliminando la posibilidad de evolución.

*Christella dentata*

El grupo pteridófitos es el precursor de las plantas con flores, grupo que predomina hoy día en nuestro planeta. En este grupo apareció por primera vez un sistema vascular que permitió el desarrollo de plantas erguidas, además de mejorar la conducción de sustancias como el agua y productos elaborados por toda la planta. Este sistema vascular primitivo se compone de traqueidas, siendo rara la presencia de vasos verdaderos. Tras la colonización del medio terrestre, estas características fueron fundamentales para el éxito, siendo los pteridófitos el grupo vegetal predominante desde finales de la Era Paleozoica hasta finales de la Mesozoica.

En la actualidad se calculan que existen para todo el planeta unas 12.000 especies de pteridófitos, concentradas principalmente entre los trópicos. De ellas 71 están presentes en Andalucía.

## Clasificación

Los pteridófitos se caracterizan por su ciclo biológico y su estructura anatómica, aunque no es un grupo totalmente homogéneo. En realidad se trata de una serie de líneas que han evolucionado paralelamente y han alcanzado niveles de complejidad similares. Podemos dividir las formas actuales en 4 grandes grupos con el rango de Subdivisiones, dentro de una única División, los Pteridófitos. Aunque hay autores que prefieren agruparlos en 4 Divisiones diferentes debido a que estos grupos se separaron hace mucho tiempo.

Los helechos son sólo un grupo dentro de los Pteridófitos, los tres grupos restantes son los que denominamos plantas afines. El estudio de las especies actuales no nos da una idea satisfactoria de la diversidad en este grupo; su origen se remonta a un pasado muy antiguo, con la aparición de las primeras especies al final del Silúrico, hace más de 400 m.a., seguido de una extraordinaria diversificación en el Devónico y el Carbonífero. Hay grupos que sólo conocemos por los fósiles, como los Rhyniofitos de la Era Primaria, plantas muy primitivas, o los Pteridospermoftos, helechos con semillas, intermediarios con las Gimnospermas.

Los grupos actuales también tienen una larga historia. El estudio de los fósiles nos confirma que no son más que restos que han sobrevivido, pálida imagen de su esplendoroso pasado. Sólo los helechos

*Diplazium caudatum*

propriadamente dichos escapan a esta fatalidad y conservan un cierto dinamismo filogenético.

Actualmente los pteridófitos se agrupan en las subdivisiones de *Psilophytina*, *Lycophytina*, *Sphenophytina* y *Filicophytina*.



Sinopsis sistemática de los taxones presentes en Andalucía de la División *Pteridophyta*:

### Subdivisión *Lycophytina*

#### Clase *Lycopsida*

Orden *Isoetales*

Familia *Isoetaceae*

Género *Isoetes*

Orden *Selaginellales*

Familia *Selaginellaceae*

Género *Selaginella*

### Subdivisión *Sphenophytina*

#### Clase *Equisetopsida*

Orden *Equisetales*

Familia *Equisetaceae*

Género *Equisetum*

### Subdivisión *Psilophytina*

#### Clase *Psilotopsida*

Orden *Psilotales*

Familia *Psilotaceae*

Género *Psilotum*

Orden *Ophioglossales*

Familia *Ophioglossaceae*

Géneros *Ophioglossum*  
*Botrychium*

### Subdivisión *Filicophytina*

#### Clase *Filicopsida (Polypodiopsida)*

Orden *Osmundales*

Familia *Osmundaceae*

Género *Osmunda*

Orden *Polypodiales*

Familia *Dennstaedtiaceae*

Género *Pteridium*

Familia *Pteridaceae*

Géneros *Adiantum*

*Anogramma*

*Cheilanthes*

*Cosentinia*

*Cryptogramma*

*Notholaena*

*Pteris*

Familia *Polypodiaceae*

Género *Polypodium*

Familia *Aspleniaceae*

Géneros *Asplenium*

*Pleurosorus*

*Phyllitis*

*Ceterach*

Familia *Thelypteridaceae*

Géneros *Cyclosorus (Christella)*

*Thelypteris*

Familia *Woodsiaceae*

Géneros *Athyrium*

*Diplazium*

*Cystopteris*

*Gymnocarpium*

Familia *Blechnaceae*

Género *Blechnum*

Familia *Dryopteridaceae*

Géneros *Dryopteris*

*Polystichum*

Familia *Davalliaceae*

Género *Davallia*

Orden *Hymenophyllales*

Familia *Hymenophyllaceae*

Género *Vandenboschia*

Orden *Cyatheaales*

Familia *Culcitaceae*

Género *Culcita*

Orden *Salviniales*

Familia *Azollaceae*

Género *Azolla*

Familia *Marsileaceae*

Géneros *Marsilea*

*Pilularia*

## Evolución

La colonización del medio terrestre por parte de los vegetales se calcula que tuvo lugar a finales del Silúrico, en el Paleófitico, hace unos 450 m.a. Con un aspecto que recuerda el de los Psilofitos, estos vegetales poseían mecanismos muy básicos contra la desecación, por lo que dependían del agua. Con el tiempo estas formas evolucionaron dando lugar a otras más complejas y mejor adaptadas a vivir fuera del agua. Las primeras grandes masas vegetales sobre la tierra aparecen en el Carbonífero, hace unos 350 m.a. Grandes bosques distribuidos principalmente por la franja del ecuador formados por pteridófitos de gran tamaño, equisetos y lycopodios principalmente. A mediados del Pérmico, hace 300 m.a., se produce una desecación generalizada que dará lugar a un cambio en la vegetación, con desaparición de muchas especies y permitiendo el desarrollo de otras nuevas. Durante el Mesozoico, entre hace 225 y 135 m.a., los pteridófitos siguen siendo el grupo dominante, y comienzan a aparecer las coníferas, grupo más adaptado a ambientes más secos. El grupo pteridófitos irá decayendo en número de especies dando paso en el Neófitico, hace 65 m.a., al que será el grupo dominante hasta la actualidad, las Angiospermas.



*Culcita macrocarpa*

El grupo predominante en la actualidad dentro de los pteridófitos es la Subdivisión *Filicophytina*. Es el grupo con un mayor número de especies y donde se pueden ver mecanismos de especiación. Estos mecanismos se basan principalmente en la formación de híbridos y en la aparición de poliploides. Podemos denominar como individuo poliploide a aquel que presenta 3 o más series de cromosomas homólogos. Dentro del proceso de poliploidía los mecanismos son dos: la autoploidía, donde se produce una simple duplicación del número de cromosomas, y la alopoliploidía, donde la duplicación cromosómica va precedida de un proceso de hibridación.

Para la sinopsis sistemática hemos tenido en cuenta algunos datos de Alan R. Smith *et al.* (2006)

*Polystichum setiferum*

La **autopoliploidía** se origina gracias a un fallo en la meiosis que se produce cuando las células esporógenas del esporófito producen esporas. Esta meiosis debe dar una reducción del material cromosómico a la mitad, paso de  $2n$  a  $n$ , pero da esporas  $2n$  (diplosporas), sin reducción cromosómica. Estas diplosporas darán gametófitos  $2n$ , en vez de  $n$  que es lo normal, y éstos a su vez producirán gametos  $2n$ , que al fusionarse nos darán esporófitos  $4n$ , el doble de la dotación cromosómica de los parentales. Estos cambios producen el aislamiento genético, y con el tiempo dan lugar a nuevas especies.

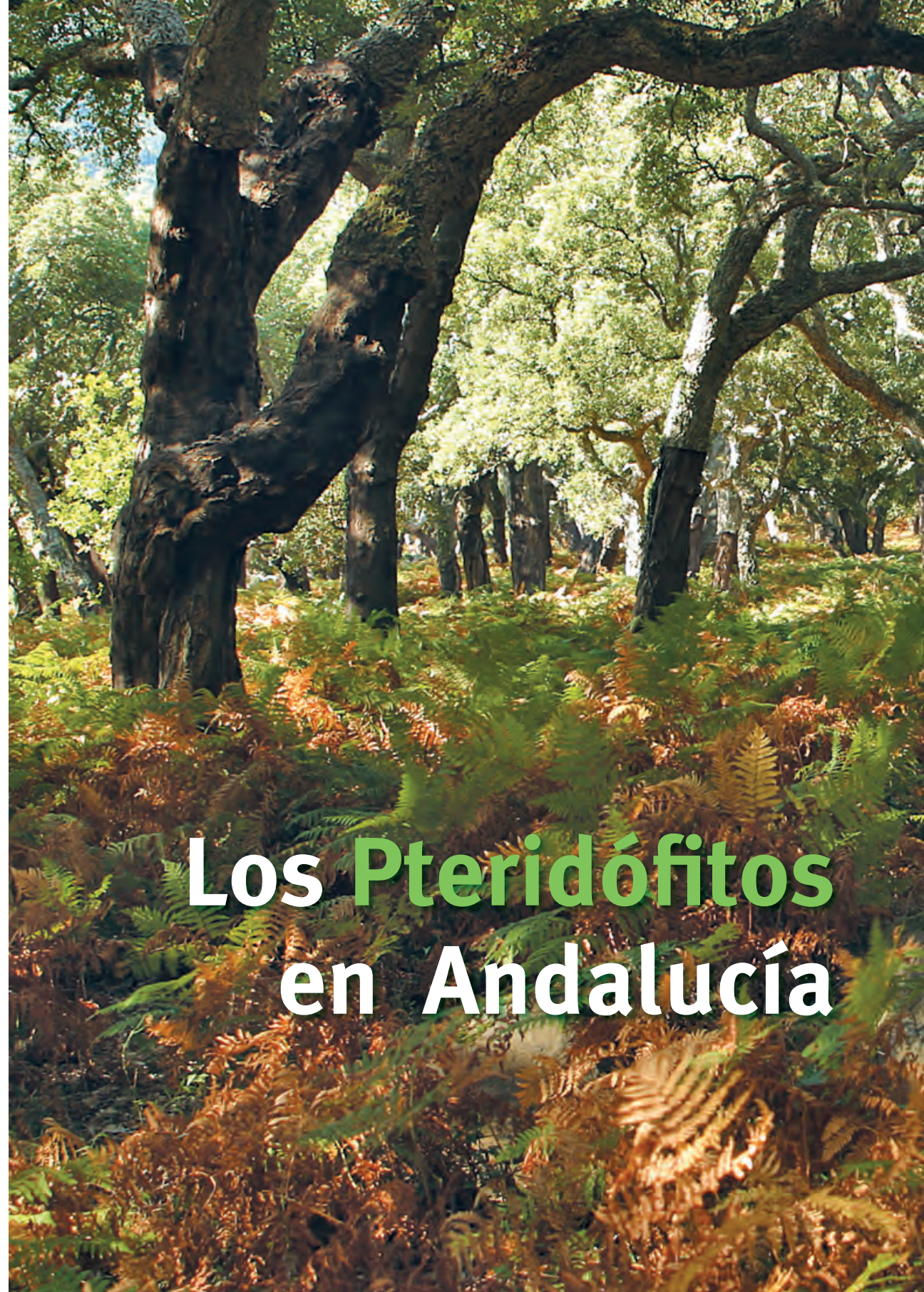
Un ejemplo de este mecanismo es *Asplenium billotii*, originado a partir de *Asplenium obovatum*.

La **alopoliploidía** se produce después de un proceso de hibridación. Si tenemos dos especies diferentes que denominaremos AA y BB (por el doble juego cromosómico que portan) y que están relacionadas filogenéticamente, estas especies pueden dar lugar a un híbrido AB, que es estéril, ya que los cromosomas de A no encuentran homólogos en los del B durante la meiosis. Ésto suele ser evidente en la esporogénesis, apareciendo

en los esporangios material abortado. Al igual que ocurre en la autopoliploidía, la meiosis puede no darse en algunos casos, produciéndose entonces diplosporas AB. Estas diplosporas suelen tener problemas de germinación, pero si lo logran darán gametófitos AB que producirán gametos AB. Éstos al fusionarse producirán esporófitos AABB tetraploides y fértiles, y aislados genéticamente de sus progenitores.

Un ejemplo de aloploidiploidía se da en las especies del género *Polystichum* presentes en Europa. *Polystichum setiferum* y *Polystichum lonchitis* presentan el mismo número de cromosomas diploides y han tenido un ancestro común, al hibridarse originan *Polystichum x lonchitiforme*. Este híbrido, aunque normalmente es estéril, ha dado lugar a diplosporas que al germinar y fusionarse sus gametos dan la especie *Polystichum aculeatum*, un alotetraploide.

En el grupo pteridófitos también se dan mecanismos más comunes de especiación como el aislamiento geográfico o ecológico, que tras separar poblaciones, evolucionan de forma diferente dando lugar a nuevas especies.



# Los Pteridófitos en Andalucía