

GENERALIDADES :

Los hongos coprófilos son aquellos que viven sobre excrementos.

Aunque los hongos coprófilos se desarrollen tanto sobre excrementos de herbívoros como de carnívoros y omnívoros, incluyendo las egagrópilas regurgitadas por las aves, en el caso de estos dos últimos grupos los excrementos son descompuestos más por bacterias que por hongos.

En principio no parece difícil diferenciar un hongo coprófilo de otro que no lo sea, por la simple observación del sustrato donde se desarrolla. Sin embargo, en algunos casos hay especies que, si bien no crecen directamente sobre los excrementos, lo hacen en terrenos sumamente abonados, en los que este sustrato se halla entremezclado con el suelo e incluso por debajo de él.

Respecto del hábitat, pueden dividirse los hongos coprófilos en tres grupos:

- Coprófilos estrictos : Aquellos que se desarrollan solamente sobre excrementos.
- Coprófilos facultativos : Aquellos que, si bien suelen crecer sobre excrementos, también son frecuentes sobre otro tipo de sustratos.
- Subcoprófilos : Aquellos que, si bien no crecen directamente sobre los excrementos, sí que lo hacen sobre terrenos ricamente abonados o en lugares frecuentados por el ganado.

LUNDQVIST (1972) sugiere que los hongos coprófilos pueden haber evolucionado a partir de antepasados lignícolas y terrícolas, proceso que continúa en la actualidad. Por otra parte, según WEBSTER (1970), el hábitat coprófilo estaría relacionado con la aparición de animales de sangre caliente (fenómeno de homeotermia), característica que en la actualidad sólo es presentada por aves y mamíferos y en cuyos excrementos es donde más especies coprófilas se desarrollan (se conocen muy pocas especies que se desarrollen sobre excrementos de anfibios o reptiles).

Los hongos que mejor han colonizado el hábitat coprófilo son los Ascomycotina, probablemente debido a su gran capacidad para descomponer la celulosa, de manera que algunas líneas filogenéticas dentro de estos hongos son casi exclusivamente coprófilas. Así, estos hongos han desarrollado mecanismos especiales de dispersión y adaptación que les han permitido la colonización del medio en el que viven.

En lo tocante al ciclo vital, podríamos hablar de dos grupos de hongos coprófilos en función de la ubicación de las fases de dicho ciclo :

- Aquellos cuyas esporas pasan por el tubo digestivo del animal :

El micelio se desarrolla sobre los excrementos o sobre terrenos con gran cantidad de estiércol. A partir del micelio se forma el cuerpo fructífero, el cual descarga las esporas, que se adhieren a la vegetación y permanecen sobre ella en estado de latencia hasta que son ingeridas por el animal que se alimenta de esas plantas. En el intestino del animal se pierde el estado de latencia de las esporas (las condiciones existentes en el tracto digestivo del animal destruyen la mayoría de las esporas de las especies no coprófilas, pero las esporas de los hongos coprófilos se protegen de diversas formas de la acción de las enzimas digestivas, incluso parece que ciertas esporas *necesitan* pasar por el tracto digestivo del animal para poder germinar). Las esporas son expulsadas con las heces y sobre estas se desarrolla el micelio del hongo, cerrándose así el ciclo. A este grupo corresponden la mayor parte de los hongos coprófilos que se desarrollan sobre excrementos de herbívoros (no todos; hay algunos cuyas esporas no son ingeridas por el animal, sino dispersadas por el viento

u otros agentes y depositadas sobre el excremento).

– Aquellos cuyas esporas no pasan por el tracto digestivo del animal :

En este caso, las esporas son dispersadas por el viento, insectos u otros animales, llegando a parar al substrato en el que germinan. A este grupo deberán corresponder los hongos coprófilos que se desarrollan sobre excrementos de animales carnívoros y, entre ellos, los que crecen sobre las egagrópilas.

El ciclo vital adaptado al hábitat coprófilo conlleva una serie de adaptaciones especiales, como son :

– *Mecanismos especiales de descarga esporal* : Los animales herbívoros no comen la hierba que crece cerca de sus propias defecaciones, de manera que muchos coprófilos han desarrollado mecanismos para lanzar las esporas lo más lejos posible del cuerpo fructífero. Así, por ejemplo, los hongos del género **Sordaria** han desarrollado un anillo o aparato apical elástico. Las ascas son cilíndricas y muy estrechas, con el fin de aumentar la presión osmótica en su interior. Las ascosporas se disponen de forma uniseriada, de manera que son lanzadas una a una por el aparato apical. Estas ascosporas tienen vaina gelatinosa pero no apéndices. Así, pueden estar libres unas de otras. En otros hongos (p.ej : **Podospora**, **Schizothecium**, etc), las ascas son claviformes o cilíndrico-claviformes y las esporas se disponen en su interior de manera biseriada o multiseriada, disponiendo además de apéndices para mantenerse unidas unas a otras. En este caso, el aparato apical del asca no está desarrollado y las esporas salen todas de golpe, constituyendo todas juntas una unidad de diseminación.

– *Caracteres esporales* :

* *Pigmentación en las esporas* : Es un carácter bastante frecuente, que protege a las esporas de la radiación solar ionizante cuando están en período de latencia adheridas a la vegetación. ANN BELL (Dung fungi, 1983) expone que en bosque y zonas sombrías la frecuencia de aparición de hongos con esporas no pigmentadas es mayor que en campo abierto, lo cual apoya esta proposición. La pigmentación puede ser también eficaz como protección frente a los jugos gástricos del animal.

Sin embargo, hay hongos coprófilos con esporas no pigmentadas y hongos con esporas pigmentadas que no son coprófilos, aunque este hecho no disminuye el valor selectivo que posee una espora pigmentada para adaptarse al hábitat coprófilo.

**Presencia de apéndices y vainas gelatinosas en las esporas* : Por una parte, son estructuras de gran utilidad de cara a que las esporas permanezcan adheridas a la vegetación y por otra, ayudan a las esporas a permanecer unidas en los casos en los que estas son expulsadas juntas fuera del asca.

La presencia de este tipo de estructuras está bastante generalizada en estos hongos.

– *Tipos adecuados de cuerpo fructífero* : Son frecuentes los apotecios y, sobre todo, los peritecios y pseudotecios ostiolados. Esto obedece a la necesidad de expulsar las esporas lo más lejos posible y en la dirección correcta (hacia una fuente luminosa). El ascocarpo ideal sería aquel que protegiese su zona basal de desecaciones o excesos de temperatura sumergiéndola en el sustrato total o parcialmente, mientras que su parte apical estuviera orientada hacia la luz para asegurar el lanzamiento de las esporas en la dirección correcta, es decir, hacia afuera del sustrato. Estas características se dan en muchos peritecios y pseudotecios ostiolados, siendo muy frecuente encontrar en estos ascocarpos cuellos con fototropismo positivo.

En muchos apotecios (por ejemplo en la familia **Ascobolaceae** y sobre todo en los géneros **Ascobolus** y **Saccobolus**) se desarrollan ascas que sobresalen del himenio (ascas protundentes) y se orientan hacia la luz para descargar las esporas.

Estos tipos de cuerpos fructíferos adaptados a los mecanismos de dispersión comentados, son adecuados en aquellos hongos cuyas esporas pasan por el tubo digestivo del animal.

En los casos en que el mecanismo de dispersión de las esporas tiene lugar mediante otros agentes como el viento, la lluvia o con ayuda de animales (dípteros, himenópteros, coleópteros, etc), el ascocarpo suele ser de tipo cleistotecio. En su interior, las esporas quedan libres por delicuescencia de las ascas y no son expulsadas con violencia, sino que es el propio ascocarpo quien es transportado gracias a la posesión de pelos o apéndices que le permiten adherirse a los pelos, patas o plumas de los animales. Este mecanismo es adecuado en aquellos hongos cuyas esporas no pasan por el tubo digestivo, de manera que así son transportadas de unos excrementos a otros, en los cuales germinan y forman micelio.

Un caso especial es el del género **Chaetomium**. Sus ascocarpos son peritecios ostiolados con gran cantidad de pelos, normalmente retorcidos, situados alrededor del ostiolo. Las ascas son delicuescentes y las esporas, que carecen de apéndices o de vainas, son expulsadas en masa por el ostiolo y quedan adheridas a los pelos del ascocarpo. El conjunto esporas-pelos puede adherirse con facilidad a las patas de los animales y ser así transportado de un excremento a otro.

– *Homotalismo o heterotalismo según el tipo de dispersión* : Los hongos cuyas esporas pasan a través del tubo digestivo del animal tienen por lo general un sistema homotálico, mientras que aquellos cuyas esporas son dispersadas por otros agentes (viento, animales, etc) suelen tener un sistema heterotálico.

En el primer caso, esto es lógico si pensamos que la mayoría de los herbívoros expulsan sus deyecciones en forma de numerosas bolas fecales, de suerte que las esporas de los hongos coprófilos tienen una cierta probabilidad de quedar aisladas unas de otras. En condiciones de homotalismo, una sola espora puede germinar y producir un cuerpo fructífero. Sin embargo, si el hongo fuera heterotálico sería más difícil que dos esporas de una misma especie y de distinto signo coincidieran en una misma bola fecal. En consecuencia, ha sido seleccionado el homotalismo para la mayoría de estos hongos. Especialmente llamativo resulta el caso de **Podospora anserina**, un hongo heterotálico, pero que se comporta como homotálico: este hongo produce cuatro esporas por asca, pero de forma tal que cada espora contiene a dos de los ocho núcleos que se forman en el asca y esos dos núcleos pertenecen uno a cada tipo de apareamiento (uno + y el otro –). Estas esporas producen un micelio heterocariótico que se comporta como homotálico, pues no es necesario que se produzca un encuentro entre núcleos compatibles procedentes de hifas distintas para que la gamia tenga lugar. Se trata de un caso de homotalismo secundario.

Ahora bien, hay hongos coprófilos cuyas esporas pasan por el tubo digestivo del animal y que sin embargo tienen un sistema heterotálico que no presenta homotalismo secundario, como por ejemplo **Ascobolus furfuraceus**. En estos casos, para paliar la hipotética desventaja que supone el heterotalismo, se desarrollan mecanismos como la producción de oidios que, diseminados por el viento u otros agentes (insectos, etc), llegan hasta otros excrementos donde pueden actuar como espermacios fecundando a hifas compatibles de su misma especie (la disminución de insectos vectores, probablemente por el abuso de insecticidas, puede frenar notablemente la dispersión de determinados hongos (WICKLOW, 1981)).

Con lo que se ha apuntado hasta este momento, resulta difícil resistir la tentación de hacer dos correspondencias, al menos muy a grandes rasgos y teniendo en cuenta que se presentan excepciones, tal y como suele ocurrir siempre en biología :

* *Hongos coprófilos estrictos* = hongos cuyas esporas han de pasar por el tubo digestivo del animal, con ascosporas pigmentadas y frecuentemente con vainas y apéndices gelatinosos, con mecanismos especiales de descarga esporal, ascocarpos de tipo peritecio, pseudotecio ostiolado y apotecio, con fototropismo positivo en el cuello o en las ascas, generalmente con hifas homotálicas.

* *Hongos coprófilos facultativos y subcoprófilos* = hongos cuyas esporas no requieren pasar por el tubo

digestivo del animal, con esporas que no son expulsadas violentamente fuera del asca, ascas delicuescentes, ascocarpos por lo general de tipo cleistotecio frecuentemente dispersados enteros por animales u otros agentes y sistema de hifas generalmente heterotálico.

Es obvio que si un hongo requiere que sus esporas pasen por el intestino del animal para romper su estado de latencia, sólo podrá desarrollarse después de este proceso y por tanto sólo crecerá sobre excrementos. Será, pues, un coprófilo estricto. Desde otro punto de vista, si tenemos en cuenta que los coprófilos estrictos tienen un hábitat muy restringido como son los excrementos, podemos pensar que estos hongos han desarrollado ese acoplamiento de su ciclo vital a la digestión del herbívoro, así como las adaptaciones para su dispersión, porque todo ello les confiere gran ventaja a la hora de desarrollarse sobre los excrementos frente a otros hongos coprófilos facultativos y subcoprófilos. En este grupo de los coprófilos estrictos incluiríamos a muchos de los que se desarrollan sobre excrementos de herbívoros, mientras que no podríamos incluir a los que se desarrollan sobre excrementos de carnívoros. A estos últimos corresponderían muchos de los coprófilos facultativos y subcoprófilos, en definitiva, hongos que no presentan las adaptaciones anteriormente comentadas para los coprófilos estrictos

(fototropismo positivo, lanzamiento violento de las esporas, etc).

Aunque este trabajo se centra en hongos coprófilos de la subdivisión **Ascomycotina**, la realidad es que los hongos coprófilos incluyen también representantes de las subdivisiones **Zigomycotina**, **Deuteromycotina** y **Basidiomycotina**, teniendo lugar una sucesión de especies en el proceso de colonización y degradación de los excrementos, hecho que ha sido estudiado por bastantes investigadores. Se ha postulado que la aparición secuencial de hongos en el excremento tiene una base nutricional, en el sentido de que se debe a una seriación de diferentes fuentes nutritivas que van apareciendo sucesivamente en el substrato (hipótesis nutricional, WEBSTER (1970)).

De acuerdo con esta idea, HUDSON (1972) propone la siguiente sucesión :

- **Mucorales (Mucor, Pilobolus, Pilaria)**, cuyos esporangios aparecen a los 2 ó 3 días de la puesta en cultivo, con una duración aproximada de unos 7 días.
- **Pezizales (Ascobolus, Saccobolus, Coprobia, Coprotus, etc)**, que aparecen más o menos a partir de la primera semana de cultivo y permanecen aproximadamente hasta un mes.
- **Sphaeriales (Podospora, Schizotecium, sordaria, etc)**, Que van apareciendo hacia el décimo día y poco a poco van sustituyendo a los **Pezizales**.
- **Agaricales (Coprinus, Panaeolus, Stropharia)**, los cuales irán sustituyendo a los Pyrenomycetes.

Aunque este esquema está bastante aceptado, algunos autores incluyen modificaciones, como la aparición de hongos de la subdivisión **Deuteromycotina** entre los **Mucorales** y los **Pezizales**, y la aparición paralela de **Agaricales** y **Pyrenomycetes**.

Según esta secuencia nutricional, WEBSTER propone que los **Mucorales** degradarían los nutrientes más solubles como azúcares libres, proteínas y almidón. Sus esporas germinan rápidamente y el micelio se aprovecharía de estos nutrientes. A continuación, los **Ascomycotina** degradarían la celulosa y por último los **Agaricales** harían lo propio con la lignina (los Agaricales coprófilos son también lignícolas).

Por último, hay que decir que numerosos estudios muestran que existe una especificidad en cuanto a las especies de hongos que se desarrollan sobre excrementos de animales con dietas y procesos digestivos diferentes, como pueden ser, por ejemplo, los rumiantes y los lagomorfos.

MATERIAL Y METODOS.

Para la realización de este trabajo se han elegido excrementos de herbívoros por razones evidentes : en primer lugar, en la descomposición de los excrementos de herbívoros, los hongos tienen una mayor participación que en la de excrementos de carnívoros, en la cual hay una mayor participación de bacterias. En segundo lugar, el trabajo con excrementos de carnívoros puede llegar a ser francamente desagradable a causa del olor.

Los excrementos escogidos han sido de oveja y de conejo.

Los excrementos de oveja fueron recogidos en los alrededores de una granja en Arguedas. La dieta de las ovejas consistía en una mezcla de alfalfa, cebada y paja a partes iguales.

Los excrementos de conejo fueron recogidos en las Bardenas Reales, a unos dos kilómetros hacia el sur de la ermita de nuestra señora del Yugo.

En ninguno de los dos casos estaban los excrementos recién depositados.

La recogida se realizó con la ayuda de unas pinzas, introduciendo de esta manera la mínima variabilidad posible en la composición de las muestras.

Para su transporte, se utilizaron frascos de cristal limpios y herméticamente cerrados, en los cuales figuraban la fecha y el lugar de recogida (en este caso, no fue necesario anotar el tipo de excremento en el frasco, puesto que se trataba de dos muestras fácilmente diferenciables).

El día siguiente a su recogida, se pusieron en cultivo en la forma que se detalla a continuación.

* *Cultivo* :

Con este fin se utilizan cristalizadores con un papel de filtro en el fondo. El papel de filtro requiere una humectación periódica con agua destilada para asegurar la existencia de una atmósfera saturada en vapor de agua que permita la germinación de las esporas de los hongos. Pueden humedecerse también los propios excrementos (ligeramente) si están demasiado secos.

En cada cristalizador se pone una etiqueta en la que se indica:

- Tipo de excremento.
- Lugar de recogida.
- Fecha de recogida.
- Fecha de inicio del cultivo.
- Nombre del recolector.
- Alguna otra anotación de interés, si ha lugar (datos geográficos, ecológicos, etc).

Una vez hecho todo esto, colocamos las cámaras de cultivo en un lugar con temperatura tan constante como sea posible y con iluminación solar indirecta.

En pocos días comenzarán a aparecer cuerpos fructíferos de hongos. No debemos olvidarnos de mantener la atmósfera de las cámaras de cultivo saturada con vapor de agua.

Una buena idea es preservar parte de los excrementos para utilizarlos más adelante si es necesario. Con este fin, podemos desecar con un calefactor de aire caliente esa parte de la muestra que deseamos conservar, la cual guardamos, una vez seca, en un frasco o en una bolsa de plástico.

** Extracción, determinación y conservación de los hongos :*

Realizamos rastreos periódicos de las muestras con ayuda de una lupa binocular. Conforme vamos descubriendo cuerpos fructíferos, procedemos a extraerlos con ayuda de una aguja enmangada y seguidamente los ponemos en un porta con una gota de agua, donde los limpiaremos con ayuda de dos agujas enmangadas. Podemos utilizar con este fin el mismo porta donde luego fijaremos el material y como, además, en muchos casos necesitaremos aplicar alguna tinción, conviene que nos organicemos de la siguiente manera: