

Los hongos y el paso del tiempo

Eduardo Gallego Arjona

Departamento de Biología y Geología, Universidad de Almería
egallego@ual.es

INTRODUCCIÓN

Cuando nos pidieron a discípulos y amigos de Mario Honrubia que colaboráramos en este monográfico conmemorativo, me sugirieron que tratara sobre la «*Taxonomía de micromicetos epífitos*», en relación con mi tesis doctoral (Gallego, 1989).

«*Micromicetos epífitos*» se refiere, *grosso modo*, a los hongos pequeños que crecen sobre las plantas. La taxonomía de estos organismos es una tarea complicada. Equivaldría, para un zoólogo, a escribir un artículo sobre «*animalillos que corretean por el suelo del bosque*» o algo así. Soy consciente de que el tema, amplio y prolijo, puede aburrir al lector. Por tanto, he preferido darle a este artículo un aire más personal, sin olvidar la parte divulgativa. Se trata del relato de un viaje a través del tiempo y del maravilloso mundo de los hongos. Abarca décadas, y muchas cosas han cambiado desde entonces. La principal, que Mario ya no está entre nosotros. Entre las menos importantes, cómo ha ido variando nuestra comprensión de los hongos y de su lugar en el árbol de la vida. Pues eso es la Ciencia: los nuevos datos modifican nuestras concepciones de la naturaleza. Igual que la vida, la Ciencia fluye.

INICIOS

Situémonos a principios de la década de 1980. Un servidor de ustedes, como más de un biólogo vocacional de la época, cursaba la carrera por la influencia del llorado divulgador Félix Rodríguez de la Fuente. Queríamos ser zoólogos. Nos fascinaba la visión de la naturaleza que exhibían sus documentales; sobre todo los animales, su más vistosa representación. Nadie pensaba en los hongos, que carecían de la épica, pongamos por caso, de una manada de lobos acorralando a una presa.

Resulta curioso cómo un buen profesor puede cambiarte completamente la vida. Es lo maravilloso de la que sin duda es la profesión más noble que ha creado el ser humano: la de maestro. Una guía, una sugerencia, el propio ejemplo, condicionan el destino futuro de los discípulos.

Maravilloso, sí, al tiempo que una tremenda responsabilidad, pues el consejo puede devenir en bueno o malo. En mi caso creo que fue para bien.

Conocí a Mario Honrubia como profesor en la asignatura de Botánica, en 2º de carrera. Él y otros compañeros de su departamento lograron que me apasionase la Botánica y, más en concreto, la Micología. Así, cuando me propuso dirigir mi tesina de licenciatura, acepté encantado. En fin, no sabía dónde me metía, pero mi destino se acababa de decidir.

Mario, con buen criterio a mi entender, formó a varios estudiantes de distintas promociones en tesinas y tesis centradas en la taxonomía de diversos grupos fúngicos. Aparte de obligarnos a aprender unas cuantas técnicas de microscopía y a manejar bibliografía, nos proporcionó un conocimiento inestimable sobre la biodiversidad. Asimismo, nos proporcionó una forma de ver el mundo vivo que sería muy útil en nuestro trabajo futuro.

En mi caso, la tesina versaba sobre los hongos de la clase *Coelomycetes*. Supongo que a la mayoría de los lectores no les sonará de nada. De hecho, esa clase ya no existe como tal. Y eso nos lleva a cómo ha ido cambiando la clasificación de los hongos en los últimos lustros.

Hagamos historia. Cuando cursé la asignatura de Botánica, uno de los libros de texto recomendados fue el de Scagel *et al.* (1977). En él, los hongos aparecían todavía en el reino Vegetal. Junto con las algas y las bacterias, se consideraban talófitas. O sea, plantas con talo, de cuerpos sencillos, sin la complejidad de las plantas superiores. No obstante, hacía ya tiempo (desde Ernst Haeckel, por lo menos) que algunos biólogos consideraban que la clásica dicotomía entre animales y plantas no describía adecuadamente el mundo vivo. Cuanto más se estudiaban los organismos, esa idea cobraba más cuerpo. De hecho, si existe una dicotomía entre seres vivos, es la que los divide en procariotas y eucariotas. En el primer grupo tenemos a los seres cuyas células presentan el material genético inmerso en el citoplasma, como las bacterias y las arqueas. En los eucariotas están las especies con células que poseen núcleo y orgánulos complejos: animales, plantas, algas, protozoos...



Figura 1. Plasmidios de *Leocarpus fragilis*.



Figura 2. Mildiu de las cucurbitáceas (*Pseudoperonospora cubensis*).

Si hay un libro imprescindible para comprender cómo ha evolucionado la taxonomía de los hongos, es el *Dictionary of the Fungi*. Mientras realizaba mi tesina, se publicó la 7ª edición (Hawksworth *et al.*, 1983). En ella, y siguiendo el sistema que Whittaker propuso en 1969, los hongos ya no se consideraban vegetales, sino que tenían su propio reino: *Fungi*. Dentro de él se distinguían dos divisiones.

Por un lado estaba la div. *Myxomycota*: los «raros» del reino. Tanto era así, que más de un micólogo no tenía claro que fueran hongos propiamente dichos. Más bien se trata de amebas que tienden a comportarse como hongos, formando esporas en esporangios. Algunos de ellos presentan talos visibles a simple vista, los plasmidios (figura 1), unicelulares pero con millones de núcleos, que se dedican a fagocitar a los

microorganismos que hallan a su paso. Unos extraños y fascinantes organismos, sin duda.

Los hongos más «normales» se incluían en la div. *Eumycota*: seres unicelulares o filamentosos sin clorofila que se alimentan por absorción. Se distinguían cinco subdivisiones:

Mastigomycotina: hongos con esporas móviles, capaces de nadar en el agua y, por tanto, muy ligados a ésta. Además de diversos mohos acuáticos, encontramos aquí a parásitos de plantas tan dañinos como los mildius (figura 2).

Zygomycotina: hongos con esporas sin flagelos, talo cenocítico (sin tabiques) y reproducción asexual mediante esporangios. Los hay descomponedores, como el moho negro del pan, pero también parásitos de insectos (figura 3) y formadores de endomicorizas.



Figura 3. Mosca parasitada por *Entomophthora muscae*.

Ascomycotina: hongos con esporas sin flagelos, talo con tabiques y esporas sexuales producidas dentro de unas células llamadas ascos (figura 4a). Es la que incluye a un mayor número de especies, desde las levaduras a los mohos más típicos, innumerables parásitos de plantas, las colmenillas, las trufas...

Basidiomycotina: hongos con esporas sin flagelos, talo con tabiques y esporas sexuales producidas en el exterior de unas células llamadas basidios (figura 4b). Incluye a especies tan conocidas como las royas, los carbonos o las setas.

Deuteromycotina: los «hongos imperfectos», llamados así por carecer de fase sexual conocida. Y una clase de estos últimos, *Coelomycetes*, fue la que me asignó Mario. Para el neófito: sus estructuras reproductoras tienen aspecto de diminutos puntitos negros (figura 5), apenas visibles a simple vista.

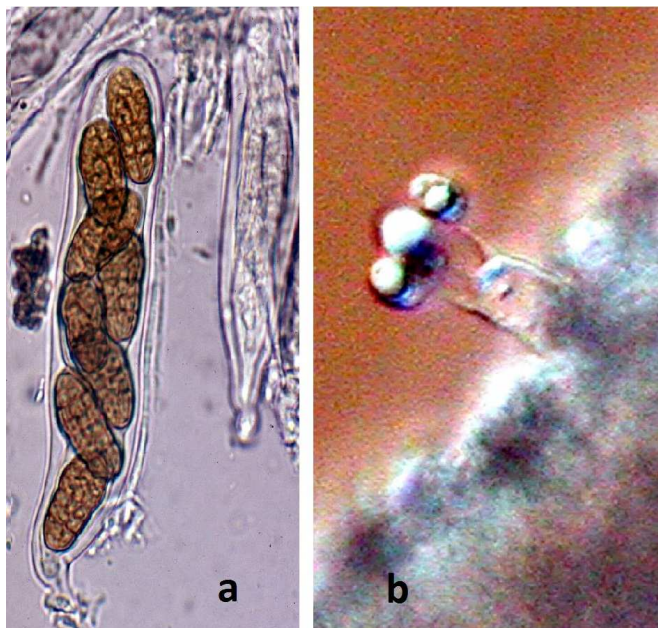


Figura 4. a) Asco de *Pleospora herbarum* con 8 ascósporas en su interior. b) Basidio de una seta con 4 basidiósporas situadas al extremo de unos pedúnculos, los esterigmas.

Un grupo difícil, en verdad. En aquella época, la secuenciación barata de ADN aún era cosa del futuro y había que recurrir a la microscopía. Además, los «hongos imperfectos» constituían un taxon artificial, un cajón de sastre para las especies que sólo se reproducen asexualmente. Quedaba claro que muchas de ellas estaban relacionadas con *Ascomycotina*, pero en apariencia se negaban a practicar el sexo (o lo hacían muy a escondidas).

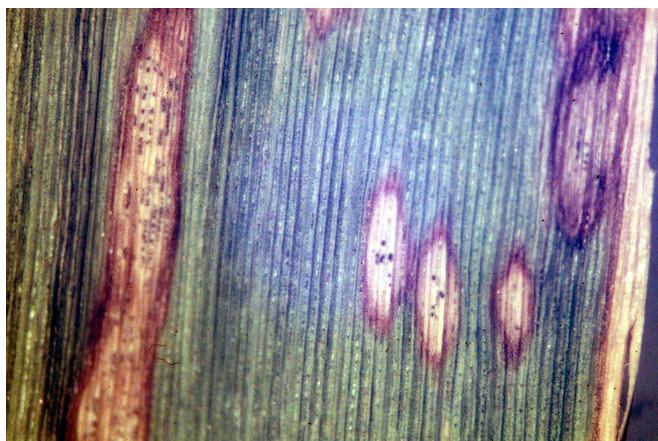


Figura 5. Necrosis causadas por *Pseudoseptoria donacis* en una hoja de caña.

En suma, los *Coelomyces* devenían en la pesadilla de cualquier aprendiz de taxónomo. Las clasificaciones antiguas, basadas en el tipo de cuerpo reproductor, se consideraban

artificiales, y se buscaron alternativas que sólo complicaron las cosas. Llegué a odiar la palabra «conidiogénesis», lo juro.

En cualquier caso, sobreviví, logré acabar la tesina (Gallego, 1985) y obtuve una beca para la realización de la tesis doctoral. El tema, tras el *entrenamiento* que supuso la tesina, fue el estudio de los micromicetos epífitos del sureste ibérico. O sea, todas aquellas especies fúngicas pequeñas, habitualmente con aspecto de pelusas o puntos negros, que se daban sobre las plantas. Y eso abarcaba todas las subdivisiones de *Eumycota*. Todas. En buena aventura me embarcaste, Mario.

Estudiar un conjunto tan vasto de hongos conlleva sus inconvenientes. No te permite profundizar, ni desarrollar las técnicas específicas para la determinación de taxones concretos. Por otro lado, adquieres algo muy valioso, algo que nunca le agradeceré lo bastante a Mario: una visión global, de conjunto. Acabas por tener un conocimiento básico de un gran número de hongos; algo que luego me sería sumamente útil en mi profesión.

Mientras, la Micología seguía avanzando, y las relaciones de parentesco entre los grupos fúngicos se iban conociendo cada vez mejor. Los criterios clásicos, morfológicos, se ponían en tela de juicio, mientras que los nuevos, basados en la comparación de secuencias de nucleótidos, pugnaban por asentarse. Era un periodo de cambio, lo que implicaba una inevitable dosis de confusión. En el *Dictionary*, por ejemplo, ya no se atrevían a proponer taxones por encima de la categoría de orden dentro de *Ascomycota*.

Fueron buenos años. Éramos jóvenes, trabajábamos en lo que nos gustaba... Mario supo forjar un buen equipo. Pero la vida seguía. Defendí mi tesis doctoral (Gallego, 1989) y, por suerte, ese mismo año obtuve una plaza de profesor de Fitopatología en el Campus de Almería de la Universidad de Granada, que años después se convertiría en la Universidad de Almería.

Aquí mostró todo su valor la labor realizada bajo la tutela de Mario. La Fitopatología se ocupa de las enfermedades vegetales, y sucede que los hongos son los principales agentes patógenos de las plantas, más que las bacterias o los virus. La formación como taxónomo me proporcionó una base idónea para enseñar Fitopatología. Tuve que recopilar información sobre otros grupos de seres vivos, como bacterias y nematodos (y algunos no estrictamente vivos, como los virus), pero para un taxónomo generalista eso no suponía ningún salto cuántico, precisamente.

No sólo debo agradecer a Mario los conocimientos micológicos adquiridos, sino algo quizá mucho más importante: la forma de comunicarlos. Sigo intentando, y

mira que han pasado años, aplicar la esencia de su metodología docente. En verdad no existen asignaturas aburridas, sino malos profesores. Hay que conjugar amenidad y rigor, usando con inteligencia el sentido del humor para que los conocimientos sean asimilados con mayor facilidad por el alumnado.

Asimismo, las asignaturas como la Fitopatología se aprenden mejor si se les da un enfoque taxonómico y evolutivo. En caso contrario, pueden convertirse en aburridos listados de enfermedades y sus agentes causales. La Taxonomía nos ayuda a comprender por qué los organismos hacen lo que hacen, cómo se relacionan entre ellos... En suma, nos permite entender mejor el mundo que nos rodea. Constituye una herramienta pedagógica muy valiosa.

Aunque cada nuevo plan de estudios nos lo ponga más difícil a los profesores, pero ésa es otra historia.

HONGOS Y FALSOS HONGOS

Volvamos a la clasificación de los hongos, que estaba cambiando a gran velocidad. En la 8ª edición del *Dictionary of the Fungi* (Hawksworth *et al.*, 1995) el panorama era bien distinto al de la 7ª. Rompiendo vínculos con la terminología botánica, ya no hablaban de *divisiones*, sino de *filos*, como los zoólogos. Y lo más importante: se confirmaba que no todos los taxones que habíamos estudiado los micólogos eran hongos. De hecho, pertenecían a *tres* reinos diferentes, nada menos.

¿Recuerdan la división *Myxomycota*, con aquellas extrañas criaturas parecidas a las amebas? Efectivamente, no eran hongos, sino miembros del reino *Protozoa*, distribuidos en cuatro filos: *Acrasiomycota*, *Dictyosteliomycota* (ambos con amebas solitarias, que se juntan para formar esporangios), *Myxomycota* (formadores de plasmodios; figura 1) y *Plasmodiophoromycota* (endoparásitos de plantas bien conocidos por los fitopatólogos). No obstante, los micólogos siempre los consideraremos como algo entrañable y nuestro.

Por otro lado estaban los falsos hongos o *pseudohongos*. Parecen hongos, se comportan como tales, pero no lo son. La similitud se debe a evolución convergente (figura 6), como ocurre entre tiburones y delfines. En la 8ª edición se incluían en el reino *Chromista*, el mismo en el que se ubican diversos taxones de algas, como las diatomeas o las algas pardas. Estos pseudohongos son, en realidad, parientes de las algas sin capacidad fotosintética; por eso, se comportan como saprofitos o parásitos. A diferencia de los hongos verdaderos, sus paredes celulares contienen celulosa. Forman esporas biflageladas muy características, y sus mitocondrias son algo diferentes a las de otros seres vivos. Hay un par de filos menores: *Hyphochytriomycota* (que antes se incluía en la

subdivisión *Mastigomycotina*) y *Labyrinthulomycota* (unos extraños protistas marinos que antes estaban en la división *Myxomycota*). Sin embargo, el filo más importante es *Oomycota*: los oomicetes.

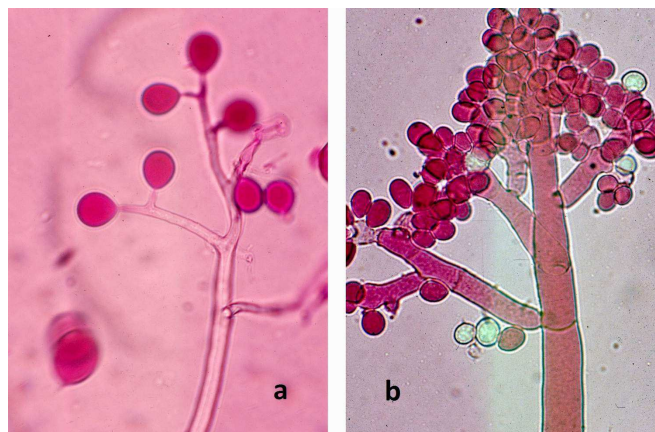


Figura 6. Similitudes entre pseudohongos y hongos. a) Esporangióforo y esporangios del mildiu *Peronospora farinosa*. b) Conidióforo y conidios (esporas asexuales) del hongo *Botrytis cinerea*.

Es curioso comprobar cómo unos parientes de las algas se adaptaron a la vida en la tierra, hasta convertirse en parásitos de plantas tan eficaces como los mildiús (figura 2) y las royas blancas (figura 7). La evolución funciona a base de afortunadas improvisaciones, no mediante diseños perfectos. Las esporas de los pseudohongos necesitan agua para moverse y no pueden desplazarse por el aire. Pero ¿y los esporangios que las contienen (figura 6)? Para desgracia de los agricultores que ven sus cosechas devastadas por los mildiús, la estrategia les funciona de maravilla.



Figura 7. Roya blanca de las crucíferas (*Albugo candida*).

En cuanto a los hongos verdaderos (reino *Fungi*), con paredes celulares de quitina, se distribuían en cuatro filos. El

considerado más primitivo era *Chytridiomycota*, el único que incluía a hongos con esporas móviles flageladas. Como vimos, en la 7ª edición del *Dictionary* estaban dentro de *Mastigomycotina*, pero el parecido con los falsos hongos no implicaba parentesco. Los quítridos son un grupo poco conocido por el gran público, muy ligados al agua, aunque en algún caso ciertas especies aparecen en los medios de comunicación, como *Batrachochytrium dendrobatidis*, un parásito de anfibios que diezma las poblaciones de estos animales.

Los demás fillos (*Zygomycota*, *Ascomycota* y *Basidiomycota*) seguían más o menos tal cual, con algún que otro cambio a nivel de orden, etc. En *Ascomycota* aún no se proponían clases dentro del filo. Y la subdivisión *Deuteromycotina* quedó abandonada. Los hongos imperfectos (o mitospóricos, hablando con propiedad) se consideraban formas asexuales de *Ascomycota* (y alguna de *Basidiomycota*). Adiós, *Coelomycetes*...

Por otro lado, la filogenia de los hongos verdaderos se iba aclarando. No derivaban de las algas rojas, como algunos habían propuesto en el pasado. Más bien estaban emparentados con el reino animal, y no con el vegetal.

NUEVOS TIEMPOS

Con el cambio de milenio, y conforme las técnicas de secuenciación de nucleótidos iban mejorando (y abaratándose), se confirmaba que los organismos tradicionalmente estudiados por los micólogos pertenecían a tres reinos distintos, y se iban dilucidando las relaciones de parentesco entre taxones. Así, en la 9ª edición del *Dictionary* (Kirk *et al.*, 2001), y centrándonos en el reino *Fungi* (dejemos a un lado a los protozoos y pseudohongos, para no fatigar al lector) se reconocían los mismos fillos que en la edición anterior. Por supuesto, hubo algunos cambios en las categorías inferiores (clases, órdenes, etc.). Por destacar algunos, por fin volvían a proponerse clases y subclases dentro del filo *Ascomycota*.

Y así llegamos a la 10ª edición del *Dictionary* (Kirk *et al.*, 2008) la cual, según sus autores, podría ser la última impresa en papel. La facilidad para actualizar los contenidos en Internet ha ido convirtiendo en obsoletos a los clásicos diccionarios y enciclopedias. *Sic transit gloria mundi*...

Centrémonos sólo en el reino *Fungi*. La 10ª edición reconocía seis fillos:

Microsporidia. Son parásitos unicelulares que carecen de mitocondrias. Antes fueron considerados protozoos.

Chytridiomycota. Hongos con esporas móviles. No obstante, se apuntaba que algunos taxones dentro de los quítridos podrían pasar a constituir fillos independientes.

Zygomycota. Los autores señalaban que este venerable taxón fúngico era parafilético o polifilético. Daba la impresión de que tenía sus días contados...

Glomeromycota. Las endomicorrizas vesículo-arbusculares abandonaban *Zygomycota* para constituir su propio filo.

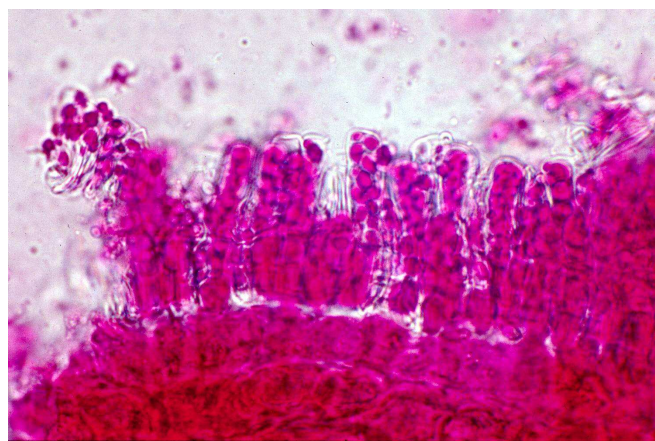


Figura 8. Ascos desnudos del parásito *Taphrina deformans* en la superficie de una hoja de almendro.



Figura 9. Oídio del roble (*Erysiphe alphitoides*).

Ascomycota. Se distinguían tres subfillos, que correspondían a sendas líneas evolutivas: *Taphrinomycotina*, *Saccharomycotina* y *Pezizomycotina*. En el primero, un grupo basal de *Ascomycota*, encontramos algunos parásitos vegetales tan conspicuos como la lepra del melocotonero y otros árboles frutales (figura 8). En el segundo se agrupan las levaduras más conocidas, y en el tercero tenemos a la mayor

parte de las especies del filo, con talos filamentosos. La Taxonomía Molecular nos ha dado alguna que otra sorpresa, como que los oídios (figura 9), parásitos vegetales obligados con cuerpos fructíferos diminutos, esféricos y cerrados (los *casmotecios*) pertenecen a la misma clase (*Leotiomycetes*) que los *Helotiales*, con sus cuerpos reproductores en forma de disco o copa (*apotecios*).

Basidiomycota. Se distingúan tres subfilos: *Pucciniomycotina*, *Ustilaginomycotina* y *Agaricomycotina*.



Figura 10. Roya de las habas (*Uromyces viciae-fabae*).

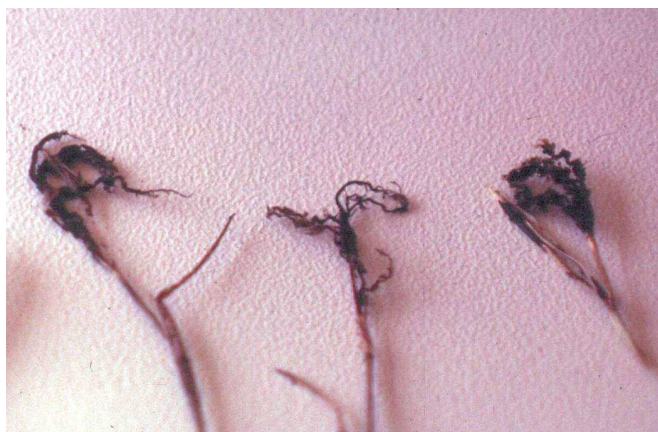


Figura 10. Carbón de la grama (*Ustilago cynodontis*).

En *Pucciniomycotina* están unos parásitos de plantas tan conocidos y ubicuos como las royas (figura 10). En *Ustilaginomycotina* destacan los carbones (figura 11) que, al igual que las royas, tantas pérdidas agrícolas y hambrunas han causado a lo largo de la Historia. En cuanto a *Agaricomycotina*, incluye a los ejemplares más vistosos y conocidos del reino *Fungi*, debido sobre todo al aspecto de sus cuerpos reproductores o basidiocarpos: los hongos

gelatinosos, los yesqueros, los gasteromicetes, las setas... Las clasificaciones tradicionales, basadas en las características del basidiocarpo, han sido abandonadas por los datos moleculares. Dentro de una misma clase u orden podemos encontrar hongos con estrategias de dispersión de las esporas muy diferentes, y cuerpos fructíferos de lo más diverso.

A MODO DE EPÍLOGO

Llegamos así al final de este viaje. La Taxonomía sigue su curso y, si consultamos una enciclopedia en Internet tan popular como la Wikipedia, constatamos que, efectivamente, dos nuevos fillos se han escindido de *Chytridiomycota*: *Blastocladiomycota* (con alternancia de generaciones haploides y diploides) y *Neocallimastigomycota* (unos peculiares hongos anaerobios que se encuentran en el tubo digestivo de los herbívoros).

Son cosas de la Cladística, empeñada en que los taxones sean monofiléticos (es decir, que incluyan a un antepasado común con todos sus descendientes, sin excepción). Por eso mismo, *Zygomycota* ha pasado a mejor vida, y los subfilos que en ella había (*Entomophthoromycotina*, *Kickxellomycotina*, *Mucoromycotina* y *Zoopagomycotina*) vegetan ahora en el limbo de *incertae sedis* (o sea, quedan a la espera de una ubicación futura dentro de uno o varios fillos). Véase:

<https://en.wikipedia.org/wiki/Fungus>

Los «hongos superiores» (*Ascomycota* y *Basidiomycota*) constituyen ahora un grupo monofilético con categoría de subreino: *Dikarya*. Esto hace referencia a que en alguna etapa de su ciclo vital presentan células dicarióticas, con dos núcleos haploides en cada una.

Por supuesto, los hongos (y los pseudohongos y protozoos que durante un tiempo fueron tomados como tales) siguen prosperando en la naturaleza, ajenos a las controversias que a veces generan entre los especialistas. En cuanto a nosotros, algunos añoramos la simplicidad de las clasificaciones de antaño, tan sencillas y comprensibles. O quizá se deba a que éramos más jóvenes (o jóvenes, a secas), y echamos de menos un tiempo que ya no volverá. Ahora tan sólo nos queda sentarnos, y asistir un tanto perplejos al baile de taxones y al esclarecimiento de las relaciones de parentesco entre ellos. Véase:

<http://www.tolweb.org/Fungi/2377>

Pero es lo que hay; carece de sentido llorar por el tiempo pasado y por lo prácticos que eran los grupos parafiléticos clásicos. Afortunadamente, la naturaleza conservará la capacidad de maravillarnos. Siempre habrá algo nuevo que descubrir, de lo que sorprenderse. Es la magia de la Ciencia. Y al menos en mi caso, sé quién fue uno de los principales responsables en embarcarme en una aventura apasionante que, confío, durará toda la vida.

Muchas gracias por todo, Mario.

Ave atque vale.

REFERENCIAS

Gallego, E. (1985). Estudio de los celomicetos del S. E. español. Universidad de Murcia: Murcia.

Gallego, E. (1989). Micromicetos epifitos en el S. E. ibérico. Universidad de Murcia: Murcia.

Hawksworth, D. L., Sutton, B. C. y Ainsworth, G. C. (1983). Ainsworth & Bisby's Dictionary of the Fungi (7th ed.). Kew, Surrey: Commonwealth Mycological Institute.

Hawksworth, D. L., Kirk, P. M., Sutton, B. C. y Pegler, D. N. (1995). Ainsworth & Bisby's Dictionary of the Fungi (8th ed.). Wallingford: CAB International.

Kirk, P. M., Cannon, P. F., David, J. C. y Stalpers, J. C. (2001). Dictionary of the Fungi (9th ed.). Wallingford: CAB International.

Kirk, P. M., Cannon, P. F., Minter, D. W. y Stalpers, J. C. (2008). Dictionary of the Fungi (10th ed.). Wallingford: CAB International.

Scagel, R. F., Bandoni, R. J., Rouse, G. E., Schofield, W. B., Stein, J. R. y Taylor, T. M. C. (1977) El Reino Vegetal. Los grupos de plantas y sus relaciones evolutivas. Ed. Omega: Barcelona.