

---

## DIVERSIDAD BIOLÓGICA Y PROPIEDADES DEL REINO DE LOS HONGOS

---

MAGDA CARVAJAL MORENO  
Departamento de Botánica, Instituto de Biología, UNAM  
Ap. Postal 70-233, México, D. F., C.P. 04510.

### RESUMEN

En el presente trabajo se menciona la diversidad biológica y la importancia de los hongos en la Biología, Medicina Veterinaria, Fitopatología, alimentación e industria. La importancia de los hongos en la Biología es que comparten características de animales y de vegetales, conformando un Reino aparte, con características propias. Su evolución va desde formas acuáticas, terrestres, hasta aéreas como las grandes repisas en los troncos de los bosques. Se hace una reflexión acerca de la posición de los hongos con relación a plantas y animales, tomando en cuenta su estructura celular, paredes celulares, nutrición, reproducción y sustancias de reserva. Se dan características de su evolución y sexualidad. Dentro de sus características sexuales, los hongos tienen todas las variantes que van desde la unión de hifas indistinguibles o somatogamia, isogamia, anisogamia, oogamia, formación de cuerpos fructíferos, la presencia de 4 sexos, adelfogamia, y partenogénesis hasta la carencia de fase sexual. La importancia de los hongos en la Medicina es porque son productores de drogas y alcaloides, que se usan como medicamentos (Ej. ácido lisérgico o LSD para tratar esquizofrenias), antibióticos como la penicilina, griseofulvina, desinflamantes como la cortisona, etc. Además, son causa de múltiples enfermedades como la histoplasmosis, coccidioidomicosis, tiñas, etc. En Veterinaria, los hongos son causantes de enfermedades de animales y también sirven para su curación. Los hongos parásitos pueden usarse para control biológico de roedores e insectos. Y en Fitopatología los hongos producen enfermedades en prácticamente todos los cultivos. Como alimentos, la variedad de hongos comestibles va desde setas, morchellas y trufas, hasta bebidas como la cerveza, vino, tepache y pulque entre otras. En la Industria los hongos tienen gran importancia en la formación de vitaminas, ácido fumárico, acético, cítrico o kójico, cortisona, B caroteno, proteasas, pectinasas, etc. Para todas las fermentaciones de bebidas alcohólicas, quesos, medicamentos, antibióticos, y como degradadores de telas, maderas, papel, plásticos y alimentos frescos o enlatados, y muchos más. Finalmente, se mencionan las principales áreas de estudio de los hongos, como son la Micología Médica, Veterinaria y Fitopatológica, Micorrizas, Micología Industrial, Etnomicología, Micotoxicología, hongos comestibles y venenosos, Micogenética, etc.

### ABSTRACT

The importance of fungi in evolution is that they share animal and plant characteristics, constituting a kingdom of their own. A general view about the biological diversity of fungi, as well as the properties that identify and separate them from animals and plants are given. The importance of fungi in Medicine, Veterinary, Biology, Plant Pathology, food and industry are presented in this work. Their evolution goes from aquatic forms to terrestrial and aerial as the flat-lamellae fungi on the tree trunks of any forest. Some facts are stressed about the position of fungi in relation to plants and animals, taking into account their cellular structure and nutrition, reproduction and storage substances. Peculiarities about their evolution and sexuality are given. Among their sexual behavior, fungi present all the different possibilities that go from the union of undistinguishable hyphae or somatogamy, isogamy, anisogamy, oogamy, fruiting bodies, the presence of 4 sexes, adelphogamy and parthenogenesis, to the lack of sexual phase. The importance of fungi in Medicine are as drug and alkaloid producers (Eg. Lysergic acid or LSD for the treatment of schizophrenics), antibiotics such as penicillin, griseofulvin, cortisone, etc. Fungi are also the cause of many human diseases as histoplasmosis, coccidioidomycosis, etc. In Veterinary, fungi are the causal agents of animal illness and also of their health. Parasitic fungi can be used for the biological control of insects and rodents. In Plant Pathology, fungi produce diseases in all the crops. The variety of edible fungi go from morchella and truffle, to beverages as beer, wine, "tepache" and "pulque" among others. In industry, fungi are very important in the production of vitamins, different acids (fumaric, acetic, citric, kojic), cortisone, B carotene, proteases, pectinases, etc. Also in all the fermentations of alcoholic beverages, cheeses, medicines, antibiotics, also in the degradation of materials, wood, paper, books, plastics, fresh and canned foods. Finally, the principal branches of study of the fungi are mentioned, as Medical, Veterinary and Plant Pathological Mycologies, Mycorrhizae, Industrial Mycology, Etnomycology, Micotoxicology, edible and toxic fungi, Genetics, etc.

### IMPORTANCIA DEL GRUPO

Los hongos son un grupo biológico de enorme importancia económica e industrial, como alimento, causantes

de enfermedades y medicamentos.

En Biología son organismos muy interesantes ya que algunas de sus características son similares a las de los vegetales y otras a los animales, por lo que actualmente se sitúan en un reino separado, el Reino Fungi.

La heterotrofia de los hongos los hace dependientes de otros seres vivos desarrollándose como parásitos facultativos u obligados, de aquí la enorme importancia de los hongos en las ciencias Médica, Veterinaria y en Fitopatología.

A nivel económico, los hongos tienen gran importancia, dado su uso como productores de medicamentos, la penicilina producida por el hongo *Penicillium notatum*, es un buen ejemplo, ya que ha salvado millones de vidas y ha cambiado el curso de la historia del hombre, y su supervivencia.

Hay también hongos productores de ácido cítrico, fumárico o acético de gran utilidad industrial, como ejemplo tenemos a *Aspergillus niger*; micorrizas que hacen posible la proliferación de los bosques, hongos comestibles de sabor inigualable y frecuentemente con sabor a carne, hongos adorados en ritos religiosos indígenas, hasta hongos venenosos, parásitos de la mayoría de los seres vivos y productores de toxinas muy agresivas y letales a casi toda la gama de organismos.

Hay un interés por los hongos desde el punto de vista culinario, artesanal, fotográfico, por sus usos psiquiátricos, como el ácido lisérgico (LSD) o la ergotamina, por sus usos religiosos, alucinógenos, etcétera.

Hay alrededor de 100,000 especies de hongos en 525 géneros. Su distribución es cosmopolita y viven en amplios rangos de temperatura que van de 4 a 60 °C, y habitan desde los trópicos con climas ecuatoriales, hasta los climas árticos, donde los líquenes son abundantes, siempre y cuando las temperaturas no bajen de los cero grados, pasando por las regiones templadas, bosque con micorrizas, viven desde nivel del mar hasta altitudes de 4000 m.

Hay hongos acuáticos y otros que habitan regiones semidesérticas o los desiertos, cuando tienen alguna época húmeda. Tienen mecanismos de protección eficientes formando esporas de resistencia o esclerocios, y en esta forma sobreviven el invierno y las sequías.

Su gran distribución se debe a que pueden ser transportados por el agua, por el viento que arrastra sus esporas, por animales como insectos y aves, ya sea en su superficie, o bien cuando los ingieren y diseminan por sus excrementos de un lado a otro. Con los insectos establecen, en ocasiones, relaciones mutualistas, benéficas para ambos. También pueden ser transportados por herramientas e implementos de trabajo en labores de cultivo, como factores y machetes, al transportar hortalizas, frutas y cereales de un país a otro, en flores, frutas y verduras comerciales, etcétera.

## CARACTERÍSTICAS DIFERENCIALES DE LOS HONGOS Y SU COMPARACIÓN CON PLANTAS Y ANIMALES

Los hongos tienen como características diferenciales su estructura, talo, paredes celulares, nutrición heterótrofa y reproducción sexual y asexual.

Dentro de las características que comparten con los vegetales están que ambos tienen paredes celulares, ciclos biológicos asexuales y sexuales, y producción de esporas; dentro de las características similares a los animales están que muchos hongos tienen células flageladas móviles e incluso con plasmodios reptantes de movimientos amiboideos, carencia de celulosa o clorofila, presencia de quitina y con sustancias de reserva tipo glucógeno y no de almidón como los vegetales.

Aunque durante milenios los hongos se consideraron plantas o vegetales, son organismos diferentes. Con objeto de establecer estas similitudes y diferencias presentamos la definición de vegetales de Chouard (1961), quien nos dice:

"Dos rasgos primordiales caracterizan a los vegetales. Uno se refiere a la función privativa sólo de ellos y que los convierte en necesarios para todas las formas de vida: la capacidad de nutrir y crecer a partir del mundo mineral, sin recurrir a ningún otro ser viviente, el otro consiste en una particularidad estructural: la existencia de una membrana que envuelve por completo a todas las células vegetales."

Como podemos observar, esta definición, basada en la *nutrición*, no es definitiva, sino que tiene muchas excepciones, dado que las características de quimiosíntesis y fotosíntesis no son absolutas. Hay fanerógamas

saprófitas como *Monotropa* ("Pipa de indio") y *Sarcodes*, que son fanerógamas incoloras que carecen de clorofila y por tanto incapaces de elaborar su propio alimento, y que viven como saprófitas de materia orgánica en descomposición. Asimismo, las plantas carnívoras son heterótrofas, alimentándose de insectos, no obstante que algunas tienen clorofila. Y por último las plantas parásitas como *Cuscuta*, *Viscum* y *Phoradendron* viven a expensas de otras plantas y árboles, y al igual que los hongos desarrollan haustorios con los que se alimentan de sus hospederos.

Aunque carecen de clorofila, los hongos tienen pigmentos que les confieren coloraciones diversas: rojas, amarillas, anaranjadas, blancas, azules, violetas, verdes, cafés, grises o negras. Los colores verdes y verdosos se deben a pigmentos que no tienen semejanza química con la clorofila.

¿Qué diferencia a los hongos, carentes de clorofila, de una planta superior sin clorofila, como las mencionadas?, ¿la carencia de flores acaso?, ¿un ciclo biológico propio?, ¿su estructura morfológica?, son todas y cada una de estas características, ya que tanto la "Pipa de indio", como *Cuscuta* tienen flores, característica que las separa de los hongos. Resulta más importante la estructura del organismo que su nutrición, para que se sitúe como planta o como hongo.

Hay un impulso de vida en los seres biológicos, se requiere vivir, y el no tener clorofila los marca con características similares a las de los animales, seres predadores, parásitos o saprófitos, sin opción a la libertad trófica que da la fotosíntesis.

Los líquenes son una asociación de algas y hongos y que durante mucho tiempo se consideró como mutualismo, donde ambos se beneficiaban, pero últimamente se ha considerado como parasitismo, ya que los hongos en muchos casos desarrollan haustorios que penetran en las células algales para alimentarse de ellas. Un caso de asociación benéfica serían las micorrizas que ayudan al buen crecimiento de las plantas o árboles.

Es curioso observar que estas características de autotrofia y heterotrofia no son tan tajantes como se pudiera pensar en un principio, pues a veces coinciden a un tiempo en las plantas verdes superiores, ya que si bien las hojas verdes son autótrofas, la raíz y el tronco son heterótrofos y dependen del azúcar que les llegue, hay una pérdida de la autotrofia en las raíces. Hay otros tránsitos de la autotrofia a la heterotrofia y que van del semiparasitismo al parasitismo estricto.

Al alimentarse de materiales carbonados, nitrogenados y sulfurados, los seres vivos elaboran las diversas moléculas indispensables para la vida y la diferente capacidad para formar total o parcialmente dichas moléculas es lo que determina las diferencias de especie a especie, de raza a raza, dada la diversidad genética. Los hongos ofrecen gamas completas de razas diferenciadas por la amplitud de sus necesidades en vitaminas.

En la mayoría de los hongos, la obtención de alimentos es por absorción directa por ósmosis o bien en el caso de los mixomicetos por fagocitosis, como las amibas que engloban su alimento. Los hongos no tienen su talo diferenciado, y es todo el talo o parte del micelio el que debe estar sumergido y absorber el alimento. Los hongos predadores de animales tienen hifas especializadas para capturar nemátodos, absorberlos y digerirlos; hay otros que se alimentan de insectos diversos, mamíferos, aves, reptiles, etc., pero se alimentan de ellos también por ósmosis. Tienen una digestión externa.

Los procesos de autotrofia hacen la formación de azúcares y sus derivados. La formación de material vivo por autotrofia produce celulosa u otros glúcidos que son el efecto de la quimio y fotosíntesis; de hecho todos los vegetales autótrofos producen materiales membranáceos insolubles que se disponen en la periferia de la célula. Esta propiedad de la producción de cápsulas de secreción y membranas vegetales, atenuada o modificada, más que la autotrofia misma está extendida también a los hongos, seres heterótrofos provenientes de los autótrofos. Encerrados en sus cápsulas de secreción y membranas blandas, inextensibles en la edad adulta, los vegetales y los hongos superiores están predispuestos a una inmovilidad aparente. Otra característica aplicada a los vegetales y animales es la *movilidad*, se dice que mientras los vegetales son inmóviles, los animales se mueven. Estos criterios son inválidos en la actualidad, ya que habría que definir ¿qué es movimiento?, ¿es únicamente un tactismo donde el individuo se mueve de un punto a otro? o se acepta como movimiento también a las nastias, que son movimientos provocados por una excitación de origen externo, un ejemplo de nastias lo tenemos en la *Mimosa pudica* llamada también "sensitiva o vergonzosa". ¿Se acepta como movimiento a los tropismos o incluso a la irritabilidad sensitiva que tienen la mayoría de los vegetales?

Hay tactismo en las algas microscópicas libres, cuando se dirigen hacia la luz. El polen y las semillas viajan y se transportan por aire, agua, aves, mamíferos, etc. y los granos de polen desprovisto de cápsulas duras, se hinchan y elongan por el estilo floral para fecundar, lo cual también es un movimiento. En los hongos fitopatógenos

observamos estructuras semejantes, los haustorios, que son prolongaciones de la hifa para alimentarse del hospedero. Por otro lado, conocemos animales "inmóviles" como son los corales, las esponjas, muchos bivalvos y parásitos.

En el caso de los hongos, tenemos toda la gama de movimientos desde el tactismo de los plasmodios de los mixomicetos, con sus movimientos de traslación amiboideos, hasta los tropismos de los hongos superiores. La carencia de cápsulas de secreción y membranas externas de los mixomicetos hace posible su reptante movimiento amiboideo, similar al de los animales.

Los tactismos propios de los seres unicelulares flagelados se encuentran ampliamente representados en los Chytridiomycetes u hongos primitivos con fase acuática.

Un compuesto importante de las *paredes celulares* de los hongos y también de los animales es la *quitina*, combinada con diferentes polisacáridos. Los Oomycetes son la excepción pues tienen paredes de celulosa, quitosana, B glucana y otros polisacáridos.

La estructura de las células de los hongos es muy semejante a la de las células de las plantas vasculares, porque presentan pared celular estratificada, constituidas por dos o varias láminas de microfibrillas, dispuestas de una manera amorfa, con núcleo eucariótico, mitocondrias, retículo endoplásmico, dictiosomas, vacuolas y ribosomas.

Los hongos se diferencian de las células vegetales en que carecen de cloroplastos, tienen pared celular con quitina y *glucógeno como sustancia de reserva*, mientras que los vegetales tienen almidón.

En la Tabla 1 se resumen las diferencias y las semejanzas más notorias entre los hongos, animales y vegetales.

TABLA 1  
PRINCIPALES DIFERENCIAS Y SEMEJANZAS ENTRE LOS HONGOS, ANIMALES Y VEGETALES.

CARACTERÍSTICA	HONGOS	ANIMALES	VEGETALES SUPERIORES
Nivel de organización.	Talo no diferenciado, micelio	Cuerpo dividido en regiones según su función	Cuerpo dividido en regiones según su función.
Paredes celulares.	Pared celular con quitina. Celulosa sólo en Oomicetos	Sin pared celular. Quitina presente.	Pared celular con celulosa.
Sustancias de reserva.	Glucógeno y lípidos.	Glucógeno y lípidos.	Almidón.
Cloroplastos y clorofila.	Ausentes.	Ausentes.	Presentes.
Reproducción.	Sexual y asexual.	Principalmente asexual.	Sexual y asexual (vegetativa).

#### LA EVOLUCIÓN DE LOS HONGOS Y SU SEXUALIDAD

La evolución de los hongos explica su diversidad biológica. Aunque la historia de las plantas verdes y de los hongos tiene diferentes orígenes, ambos invadieron el medio terrestre y aéreo a partir de su salida del medio acuático

El hongo inferior *Entophlyctis* es un ancestro acuático y tiene un flagelo, que después pierde, se transforma en un organismo amiboideo con pseudópodos ramificados que parasitan a las plantas acuáticas. Este sistema de ramificaciones tienen el aspecto de un micelio de hongo y equivale a una transición gradual hacia los verdaderos hongos.

Uno de los hongos más evolucionados y aéreos es *Fomes*, que es parásito de los troncos de árboles de los bosques, es aplanado y robusto, de gran longevidad. Otro ejemplo de hongo evolucionado se encuentra entre los Ascomycetes donde hay especies coprófitas, que viven en el excremento de los herbívoros y que tienen sofisticados mecanismos de dispersión de sus esporas similar al funcionamiento de una catapulta entre estos hongos tenemos a *Bombardia* y *Sporormia*, que proyectan a sus esporas en una masa viscosa que se pega a los insectos que los transportan, o a la hierba, que al ser ingerida por animales, pasan por el aparato digestivo y salen con sus excrementos lejos de su sitio original.

La *evolución sexual* de los hongos es muy compleja. Toda reproducción sexual comprende dos procesos, la fecundación y la meiosis. A su vez, la fertilización consta de dos fases: la plasmogamia (unión de protoplasmas) y la cariogamia (unión de núcleos). En la cariogamia se unen dos gametos con  $n$  número de cromosomas, de modo que el cigoto será  $2n$  y tiene que sobrevenir la meiosis o reducción cromosómica para restituir el número  $n$  a los cromosomas de todas las células somáticas.

En los hongos más primitivos hay una fusión de dos micelios de sexo opuesto, una *somatogamia*, los núcleos de cada micelio invaden los filamentos del otro sexo, se fecundan en toda su extensión hasta el último detalle de sus células.

En otros hongos ya aparecen nuevos órganos que favorecen los transportes sexuales por aire o insectos. Los encuentros copuladores en aire se llaman anemofilia y por insectos se denominan entomofilia. Un caso de anemofilia lo tenemos en el hongo *Neurospora* que produce esporas o conidios que se esparcen por el viento, unos conidios son grandes o macroconidios que diseminan eficazmente la especie, y los pequeños o microconidios que casi no tienen protoplasma, que producen un micelio poco vigoroso, pero transmiten su núcleo a una colonia del sexo opuesto. En los hongos coprinos hay también esporas llamadas oidios, que son pequeñas, conservan el poder fecundante y se forman en las gotas que son buscadas por los insectos pecoreros (entomofilia).

Existen mecanismos más sofisticados de reproducción sexual en muchos hongos Ficomicetos y Ascomycetes, similares a los observados en las algas clorofíceas, feofíceas y rodofíceas o sea que se encuentran los 3 tipos de reproducción sexual: isogamia, anisogamia y oogamia. En la isogamia las gametas que se fecundan se llaman isogametas  $+$  y  $-$ , son semejantes en su forma, tamaño y estructura. Por lo general, las isogametas son acuáticas, flageladas y móviles. La anisogamia es cuando las gametas aunque iguales de forma y estructura, difieren de tamaño; una es más grande (macrogameta), y se le asigna el sexo femenino y la otra es pequeña (microgameta), considerada de sexo masculino. Estas últimas generalmente tienen flagelos, son móviles y acuáticas.

En el caso de la *oogamia* las gametas difieren en estructura, forma y tamaño. Las masculinas, pequeñas, flageladas y móviles se llaman anterozoides y se forman en los órganos llamados anteridios. Las femeninas son más grandes, inmóviles y sin flagelos se llaman oosferas u óvulos y se originan de los órganos femeninos llamados oogonios.

En los ascomycetes las gametas son inmóviles, las masculinas son pequeñas, numerosas y uninucleadas y se llaman *espermacios* originados de hifas especiales llamadas espermacióforos. Los espermacios son acarreados por el viento, agua, insectos u otros agentes a los órganos femeninos o *ascogonios*. La copulación gametangial se caracteriza por una plasmogamia o unión de gametas, seguida de una cariogamia o fusión nuclear.

Como resultado de la fecundación, en los hongos se forman células, estructuras y órganos especiales que reciben diferentes nombres. En los ficomicetos se forman *oosporangios* con *oosporas*, y los *cigosporangios* con *cigosporas* respectivamente, en los ascomycetes las *ascas* y *ascosporas* y en los basidiomicetos los *basidios* y *basidiosporas*.

Hay estructuras o fructificaciones macroscópicas que contienen a las ascas, llamadas *ascocarpos*, en el caso de los Ascomycetes, y *basidiocarpos* si contienen basidios, en el caso de los Basidiomicetes.

Los principales tipos de ascocarpos son *cleistotecio*, *peritecio*, *apotecio* y *ascostroma*. El cleistotecio es una fructificación esférica que al abrirse en la madurez, deja libres a las áreas distribuidas irregularmente en el ascocarpo. El peritecio es piriforme, o sea en forma de pera o botella, con un poro u ostiolo de salida; tiene a las

ascas ordenadas en recubrimiento basal interno llamado *himenio*. El apotecio es un ascocarpo abierto en forma de copa o disco con el himenio en la parte interna superior. El ascostroma es una fructificación estromática que produce ascas en lóculos o cavernas; a los ascostromas uniloculares se les llama también *pseudotecios*.

En el caso de los basidiomicetos, los basidiocarpos se encuentran con diversas formas: extendido sobre el sustrato, en forma de repisa semicircular, olla, copa o claviforme, en forma de embudo, sombrilla, globosa, estrellado, faloide, etc.

El himenio está dispuesto en capas o estratos que contienen a dos clases de hifas: las hifas basidiógenas que originan a los *basidios*, que están entremezcladas con hifas estériles o *parafisos*.

Muchos basidiomicetos superiores tienen su cuerpo dividido en volva, estípite y píleo o sombrero; y en el caso de los hongos en forma de gruesas láminas o repisas, éstas corresponden sólo al píleo, pues ya se perdió el estípite.

Los hongos tienen múltiples sexos, así muchas especies tienen 4 sexos en lugar de 2. Estos 4 sexos tienen afinidad sexual por pares: un sexo A se une a un B, y un sexo C a un D. Hay dos clases de familias, las que tienen como padres a A y B, y las que tienen a C y D, hay 4 tipos de hijos en igual atracción sexual sólo con los B, y los C con los D. Así, se formarán los 4 tipos de sexos con dos clases de uniones. Desde el punto de vista hereditario, la afinidad sexual de una pareja está influida por una doble diferencia localizada en dos genes independientes.

Los hongos también pueden prescindir de estos tipos de cruzamientos sexuales y desarrollar una *partenogénesis* en que el sexo femenino se reproduce sólo, este fenómeno, aunque es raro, sucede. Tenemos a la Clase Deuteromycetes que únicamente tiene reproducción asexual y carece de la sexual o bien es desconocida.

Otro mecanismo de reproducción más frecuente es el de la *adelfogamia* o "unión entre hermanos" y consiste en que dos núcleos hermanos o sea provenientes de la misma mitosis, se unen para realizar la copulación nuclear y hacen innecesaria la intervención de un núcleo extraño, sin un nuevo aporte genético para la descendencia.

Así, vemos cómo la sexualidad en los hongos tiene una amplia gama de combinaciones que van desde una reproducción acuática primitiva, similar a la de las algas, hasta toda una sofisticación de fructificaciones sexuales, para llegar a 4 sexos o a una partenogénesis.

La sexualidad es un mecanismo para hacer evolucionar las especies, pero una evolución eficaz no implica un cambio continuo, sino que es estable, si ello le proporciona una adaptación favorable que ayude a su supervivencia.

#### PRINCIPALES ÁREAS DE ESTUDIO

Dentro de las principales áreas de estudio de los hongos tenemos a la Taxonomía, Etnomicología, Micología Médica, Micología Veterinaria, Micología Agronómica, Micología Industrial, Genética, Hongos Comestibles y Venenosos, Micorrizas, Hongos de la madera y derivados, Micotoxicología, Citología, Fisiología, Anatomía y Evolución de los hongos, etc.

Iremos describiendo brevemente cada área de interés:

Con relación a la *Taxonomía*, los hongos son quizá el reino con una taxonomía más complicada, dado que tiene un grupo taxonómico artificial llamado Deuteromycetes, donde se colocan a todos los hongos con fase sexual desconocida o ausente. De hecho, en muchas ocasiones hay un nombre de la fase asexual que corresponde a varios géneros de la fase sexual.

Históricamente ha habido gran controversia con relación a la posición taxonómica de los hongos, pues durante cerca de 2300 años, desde Aristóteles (siglo IV AC.) hasta el siglo XIX estuvieron considerados como plantas, dentro del Reino Plantae debido a su aparente inmovilidad y a la producción de esporas de los hongos superiores.

Los hongos han pasado por diversas clasificaciones desde la de Haeckel (siglo XIX) como dentro del reino Protista, donde se colocaba a los organismos con características de vegetales y de animales, hasta los diferentes criterios de la segunda mitad del siglo XX que van desde su colocación, por Copeland (1956) en el Reino Protoctista que abarcaba a algas y hongos.

Margulis y Schwartz (1982) apoyan un sistema de clasificación dividido en cinco reinos.

Estos autores basan su sistema de clasificación en las diferencias entre procariontes y eucariontes, de modo

que colocaron a los hongos en dos reinos diferentes, uno de ellos era el Protocista que comprende a los mohos y hongos mucilaginosos, mycomicota (Protosteliomycetes, Acrasiomycetes, Myxomycetes, Plasmodiophoromycetes) y los Labyrinthales o redes viscosas, junto con los hongos acuáticos con formas flageladas como los Chytridiomycetes, Hyphochytridiomycetes y Oomycetes, y por otro lado el reino Fungi que abarca a hongos pluricelulares sin células flageladas y considerados como hongos superiores, entre los que están setas, hongos macroscópicos y líquenes.

Alexopoulos y Mims (1979) presentan un sistema de clasificación muy acertado en el que dividen al Reino Fungi en 3 divisiones del Superreino Eukaryonta:

- 1) Gymnomycota correspondiente a Myxomycota.
- 2) Mastigomycota (Eumycota con células flageladas) y
- 3) Amastigomycota (Eumycota, sin células flageladas en ninguna etapa de su desarrollo).

Es difícil la clasificación de los hongos, pero es claro que difieren de los animales y de las plantas en su ciclo de vida, modo de nutrición, pautas de desarrollo y otras características que hacen que se les considere como un Reino aparte. Consideramos que la clasificación dada por estos últimos autores es la más útil para ordenar a estos organismos, ya que no excluyen a los ficomicetos ni a los mixomicetos de los hongos.

La *Etnomicología* es una rama de suma importancia en países como México, con un gran desarrollo indígena. Los indígenas de la Sierra Mazateca y Huautla de Jiménez tienen gran culto a los hongos, así usan los *Psilocybe* alucinógenos en sus rituales mágicos, para comunicarse con el más allá.

Otros grupos indígenas tienen altares donde adoran a los hongos, así tenemos hongos de piedra antropomórficos del Preclásico Medio (S.X a S.III AC.) en Guatemala. Además, los hongos de origen silvestre, representan un alimento rico en proteínas y asequible en temporada de lluvia, de modo que los consumen y venden, mostrando un excelente conocimiento de su clasificación en comestibles y venenosos.

Las bebidas como tesgüino, pulque, tepache, etc. están fermentadas con levaduras (Ascomycetes) y representan también un importante alimento para los indígenas de todo el país.

La *Micología Médica* trata de las enfermedades humanas producidas por hongos, muchas de ellas son curables y ligeras, pero otras son deformantes y/o mortales. Entre las más numerosas están las superficiales, cutáneas, subcutáneas y sistémicas. Dentro de las superficiales tenemos la tiña negra, pitiriasis versicolor, piedra negra y piedra blanca; dentro de las cutáneas están las tiñas; subcutáneas como esporotricosis, micetomas, cromomicosis, ficomicosis, rinoficomicosis, lobomicosis, rinosporidiosis y finalmente las sistémicas como histoplasmosis, coccidioidomicosis, blastomicosis, paracoccidioidomicosis, candidiasis, criptococosis, aspergilosis y mucormicosis.

Los hongos pueden atacar el oído, ojos, piel, pulmones, nariz, uñas, sistema nervioso, aparato digestivo, circulatorio, muscular, óseo y meninges.

Los Deuteromycetes causan también alergias y son micotóxicos, es decir, que producen toxinas altamente nocivas para el ser humano, llamándose esta subespecialidad Micotoxicología.

Entre los síntomas causados por micotoxinas tenemos hemorragias internas, vómitos, diarreas, malformaciones en fetos, cáncer del aparato digestivo, principalmente hígado, colon y recto, cirrosis, abortos, inmunodepresión, necrosis cutánea, a ellas se ha adjudicado el Síndrome de Reye en niños y el ATA (Aleukia Tóxica Alimentaria).

Las Micotoxinas tienen la particularidad de resistir altas temperaturas, por ejemplo la aflatoxina M1 de la leche resiste 320 °C. Otra peculiaridad es el causar daños con partes por billón (ug/kg), o sea cantidades traza invisibles, inodoras, insaboras. Hay micotoxinas fluorescentes como las aflatoxinas, zearalenona, fumonisinas, etc. y otras no fluorescentes como los tricotecenos y otras fusariotoxinas.

La Micotoxicología comprende a las plantas, animales y al hombre, es una interdisciplina de gran importancia en la actualidad.

La *Micología Veterinaria* trata de las enfermedades de los animales causadas por hongos, como son dermatofitosis en bovino (Ej. *Dermatophilus congolensis*), tiñas en bovinos (Ej. *Trichophyton verrucosum*), enfermedades en los ojos, oídos, vías respiratorias o nasales (Ej. *Sporothrix schenckii*), sangre, huesos, músculos,

huevos (Ej. *Aspergillus fumigatus*), coccidioidomicosis (Ej. *Coccidioides immitis*), etc. Los hongos parasitan a insectos y roedores y en este sentido se pueden usar para el control de plagas.

La *Micología Agronómica* que es parte de la Fitopatología, reviste gran importancia debido al enorme número de enfermedades que causan los hongos en los cultivos, como ejemplo de ello tenemos a *Phytophthora infestans* o "tizón tardío de la papa"; royas, pudriciones en raíz o "damping-off" por *Rhizoctonia* spp., Mildiú vellosos, Mildiú pulverulentos en cucurbitáceas principalmente causadas por hongos Peronosporales, *Botrytis cinerea* en fresa, *Penicillium* spp. en frutales, *Fusarium* spp. en hortalizas, cereales, etcétera.

Los hongos atacan prácticamente todos los cultivos en pie e industrializados, ya que aparecen en jugos, dulces, botanas, cualquier alimento salado. Donde no se han reportado hongos o micotoxinas es en la miel de abeja.

La *Micología Industrial* es una rama de gran importancia económica, en las fermentaciones se usan levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*) en la fabricación de cerveza, vinos, etanol, pan, proteína microbiana, vitaminas del complejo B y glicerina, puros, tepache, pulque, tesguino, quesos, vinagre, etcétera.

En la fabricación de antibióticos como la penicilina obtenida de los hongos *Penicillium notatum* y *P. chrysogenum*; la griseofulvina de *P. griseofulvum* entre otros. Hay muchos hongos que se usan para obtener diferentes sustancias en la industria como son: ácido fumárico (*Circinella umbellata*), ácido cítrico (*Mucor piriformis*), el género *Mucor* para la obtención de etanol, gliceraldehído, ácido láctico, fumárico, succínico y oxálico; hidroxiprogesterona y cortisona (*Rhizopus nigricans*) y muchos otros más. En los quesos se tiene una gran variedad de hongos, en el camembert (*Penicillium camembertii*) y en el roquefort (*R. roquefortii*), etcétera.

La *Genética de los Hongos* reviste gran importancia en estudios de sexualidad, se ha usado mucho *Neurospora* spp. en estos estudios. Los hongos muestran una amplia gama de variantes sexuales, desde la somatogamia, isogamia, anisogamia y oogamia, hasta el tener 4 sexos, el ser partenogenéticos o prescindir de la sexualidad para su reproducción. Incluso se ha estudiado la Genética de hongos para producir mutantes y usarlos en la guerra biológica.

Los *Hongos Comestibles* son de gran importancia nutricional, gastronómica y económica, entre ellos tenemos a *Morchella*, *Tuber* spp., *Cantharellus*, *Lepiota*, trufas (*Terfezia leonis*), *Agaricus brunnescens* y *A. bitorquis* o champiñón, *Pleurotus ostreatus* u oreja de elefante, *Volvariella volvacea* y muchos más.

Los hongos tienen un sabor característico que a veces se confunde con la carne. tienen baja cantidad de grasa, alto contenido de proteínas y se pueden guardar secos por largos periodos de tiempo, pudiéndose rehidratar al hervirlos. Sólo hay pocas especies de los hongos comestibles que pueden ser cultivados, la mayoría son silvestres.

Los *Hongos Venenosos* han causado innumerables muertes en animales y en el hombre, ya que producen micotoxinas, micototoxicosis y micetismos, de los más conocidos son *Amanita muscaria*, *Stachybotrys atra* que vive en la paja enmohecida y que es causante de la estaquibotriotoxicosis en ganado equino.

*Claviceps purpurea* causante del ergotismo, fuego sagrado o fuego de San Antonio, tiene poderosos alcaloides, causa el ergot del centeno y produce gangrenas, de este último hongo se obtiene el LSD o ácido lisérgico y sus alcaloides también son usados en medicina (ergotamina, dihidroergotamina) y ergonovina, etc. También *Claviceps gigantea* o diente de caballo posee alcaloides muy tóxicos. Son innumerables los daños causados por hongos venenosos. No obstante que los alcaloides constituyen terribles venenos, también poseen propiedades terapéuticas; su constitución química es diversa, pero siempre tienen nitrógeno en su molécula, lo que les confiere un carácter básico, de ahí el nombre de "álcali" de donde provienen.

*Micorrizas* son asociaciones de hifas de hongos con las raíces de numerosas plantas vasculares como hortalizas, frutales y de árboles de bosques como son las pináceas. El hongo obtiene alimento de las raíces y a su vez le proporciona a la planta vascular diferentes compuestos orgánicos, es una asociación mutualista en los dos sentidos. Dentro de los hongos micorrícicos tenemos: *Rhizoctonia*, *Endogone*, *Acaulospora* spp., *Phoma* spp., *Helvella* spp., *Cortinarius* spp., *Amanita* spp., *Boletus* spp., *Hygrophorus* spp.

*Hongos degradadores de la madera, papel y telas* como son *Armillariella*, *Fomes* y *Chaetomium* dan muchos problemas a las madererías, mueblerías, fábricas de papel, bibliotecas, museos, industria de la construcción, etc. y el control de los mismos consume mucho esfuerzo, presupuesto ya que causa grandes pérdidas.

El resto de las ramas son las mismas que la Biología en general, nada más que aplicadas a los hongos, como son la Citología, Bioquímica, Anatomía, Evolución, etc.

#### CONCLUSIONES

Los hongos son organismos multifacéticos, carentes de clorofila, móviles o sésiles, saprófitos o parásitos, de taxonomía compleja y usos diversos. Dentro de sus usos e importancia económica tenemos la producción de medicamentos y antibióticos, drogas, fermentaciones de bebidas y alimentos, son degradadores de madera y papel, parásitos agresivos capaces de causar epidemias, epizootias y epifitias. Llevan en si toda la plasticidad de variantes sexuales, la multiplicidad de sexos, la partenogénesis o el ser capaces de llevar una vida asexual.

Tienen gran diversidad que va desde formas amibáceas-plasmodiales, flageladas y filiformes, hasta mohos, micorrizas, setas y líquenes sésiles. Lo mismo causan hambrunas y muerte, que salvan y curan a miles de seres vivos, unidad dialéctica y contradicción constante entre la vida y la muerte. Son organismos rodeados de magia y rituales diversos, alucinógenos y drogas para ponerse en contacto con el más allá. Fuente de exquisitos manjares y bebidas de refinamiento culinario.

#### LITERATURA CITADA

- ALEXOPOULOS, C.J. y C.W. MIMS. 1979. *Introductory Mycology*. 3ª. ed. John Wiley, Nueva York, U.S.A. 632 pp.
- ARONSON, J.M. 1965. The cell wall. *In: G.C Ainsworth and A.S. Sussman (Eds.) The Fungi*. Vol. 1. Academic Press, New York U.S.A. 49-76.
- BARTNICKI-GARCÍA, S. 1970. Cell wall composition and other biochemical markers in fungal phylogeny. *In: J.B. Harborne (Ed.). Phytochemical Phylogeny*. Academic Press. New York. U.S.A. 81-103.
- BESSEY, E.A. 1942. Some problems in fungus phylogeny. *Mycology* 34: 355-379.
- BOLD, H.C., ALEXOPOULOS, C.J. and DELEVORYAS, T. 1980. *Morphology of Plants and Fungi*. 4th. Ed. Harper and Row, New York. U.S.A. 819 pp.
- CHOUARD, P. 1961. Originalidades del Mundo Vegetal. En: *La Vida. Enciclopedia del Mundo Viviente*. Salvat Ed. de México, S.A. Tomo III: El Mundo Vegetal. 11-20.
- COPELAND, H.F. 1960. *The classification of Lower Organisms* W.H. Freeman. San Francisco. U.S.A. 158 pp.
- ESSER, K. and RAPER J.R. 1965. *Incompatibility in Fungi*. Springer-Verlag. New York. U.S.A. 124 pp.
- FULLER, M.S. 1976. Mitosis in Fungi. *Intern. Rev. Cytol.* 45:113-153.
- HAWKER, L. E. 1957. *The Physiology and Reproduction in Fungi*. Cambridge University Press. London. U.K 128 pp.
- HEATH, I.B. (Ed.) 1978. Nuclear Division in the Fungi. Academic Press. New York. U.S.A. 435-469.
- LIN, C.C. and ARONSON, L.M. 1970. Chitin and cellulose in the cell walls of the oomycete *Apodachlya* sp. *Arch. Microbial.* 72: 111-114.
- MARESQUELLE, H.J. 1961. Las plantas sin flores. En: *La Vida. Enciclopedia del Mundo Viviente*. Tomo III: El Mundo Vegetal. Salvat. Ed. de México, S.A. 56-60.
- MARGULIS, L. 1974. Five-Kingdom classification and the origin and evolution of cells. *Evolutionary Biology*. 7:45-78.
- MARGULIS, L y K. W. SCHWARTZ. 1982. *Five Kingdoms. An Illustrated Guide to the Phyla of Life on Earth*. W.H. Freeman. San Francisco. U.S.A. 338 pp.
- MARTIN, G.W. 1955. Are fungi plants? *Mycologia* 47:779-792.
- MARTIN, G.W. and ALEXOPOULOS, C.J. 1969. *The Myxamycetes*. Univ. of Iowa Press. Iowa City. U.S.A.561 p.
- SCHAFFER R.L. 1968. *Keys to the Genera of Higher Fungi*. 2nd. Ed. Univ. Mich. Biol. Sta. Ann. Arbor. 131 p.