Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Animal en Altiplano

Generalidades de los hongos

Autores:
Carolina Segundo Zaragoza
Laura Rosío Castañón Olivares
Elva Bazán Mora

Coordinadora:
Carolina Segundo Zaragoza

Volumen 1

Temas Selectos de Micología Veterinaria

Proyecto PAPIME PE 206819

Directorio

Universidad Nacional Autónoma de México

Dr. Enrique Luis Graue Wiechers
Rector

Dr. Leonardo Lomelí Vanegas
Secretario General

Dra. Mónica González Contró
Abogada General

Dr. Luis Agustín Alvarez-Icaza Longoria
Secretario Administrativo

Dr. Alberto Ken Oyama Nakagawa
Secretario de Desarrollo Institucional

Lic. Raúl Arcenio Aguilar Tamayo
Secretario de Prevención, Atención y Seguridad Universitaria

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

Dr. Francisco Suárez Güemes
Director

Dr. José Ángel G. Gutiérrez Pabello
Secretario General

LAE José Luis Espino Hernández
Secretario Administrativo

Dr. Francisco A. Galindo Maldonado
Secretario de Vinculación y Proyectos Especiales

Lic. Manuel Casals Cardona
Jefe Departamento de Publicaciones

MVZ Enrique Basurto Argueta
Jefe Departamento de Diseño Gráfico y Editorial

MPA Héctor Basurto Camberos
Director Técnico del CEIEPAA

Primera edición, 30 de agosto de 2019.
DR © 2019 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
Ciudad Universitaria, Coyoacán, 04510, Ciudad de México.

ISBN: 978-607-30-1361-1 (Temas Selectos de Micología Veterinaria)
ISBN Volumen 1: 978-607-30-1362-8

Hecho en México

Esta edición y sus características son propiedad de la UNAM.

El uso del material contenido en esta obra, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente mencionando el autor o autores.

Derechos de autor

Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio, sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales.

El Comité Editorial de la FMVZ de la UNAM reconoce el trabajo que realizó la **Dra. María de los Ángeles Martínez Rivera**, de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas - Instituto Politécnico Nacional (IPN), por la revisión técnica de esta obra.

Se agradece a la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA) de la UNAM por el apoyo recibido para la publicación de la presente obra, a través del proyecto **PAPIME PE206819: "Desarrollo de estrategias multimedia para la adecuación y mejora de los recursos didácticos en Micología Veterinaria".**

Contenido

1. Definición de micología 5
2. Taxonomía y clasificación de los hongos 5
3. Morfología 7
4. Fisiología 9
5. Asociaciones ecológicas 9
6. Reproducción 9
7. Micosis en micología veterinaria 17
8. Bibliografía 18

1. Definición de micología

La micología es la rama de la biología que tiene por objetivo el estudio de los hongos y da respuesta a una serie de cuestiones como ¿qué son los hongos, qué formas tienen, cómo se reproducen, cómo se desarrollan, qué producen o cuál es su función en la naturaleza?

La palabra micología deriva del griego *mykos* (hongo) y *logos* (estudio). Debido a la extensa diversidad de hongos en nuestro planeta, se considera que es una de las ramas de la biología más complejas, extensas y variadas; se encuentra en cambio constante y aporta avances significativos a la investigación científica y al desarrollo tecnológico.

Se han realizado diferentes estimaciones sobre la cantidad de especies de hongos que existen en el mundo. En un estudio efectuado en el año 2005, el número de especies se estimó en 5.1 millones; sin embargo, sólo se conocen menos de cien mil, lo que connota que la gran mayoría permanecen aún sin ser descubiertas o identificadas.

La micología estudia tanto los hongos macroscópicos (como por ejemplo *Amanita bisporigera*, *Psilocybe cubensis, Agaricus bisporus* por mencionar algunos) como los microscópicos, entre los que se encuentran la mayoría de los que causan daño a los humanos y a los animales (p. ej., *Aspergillus fumigatus, Microsporum canis, Candida* spp, *Cryptococcus* spp, entre otros).

2. Taxonomía y clasificación de los hongos

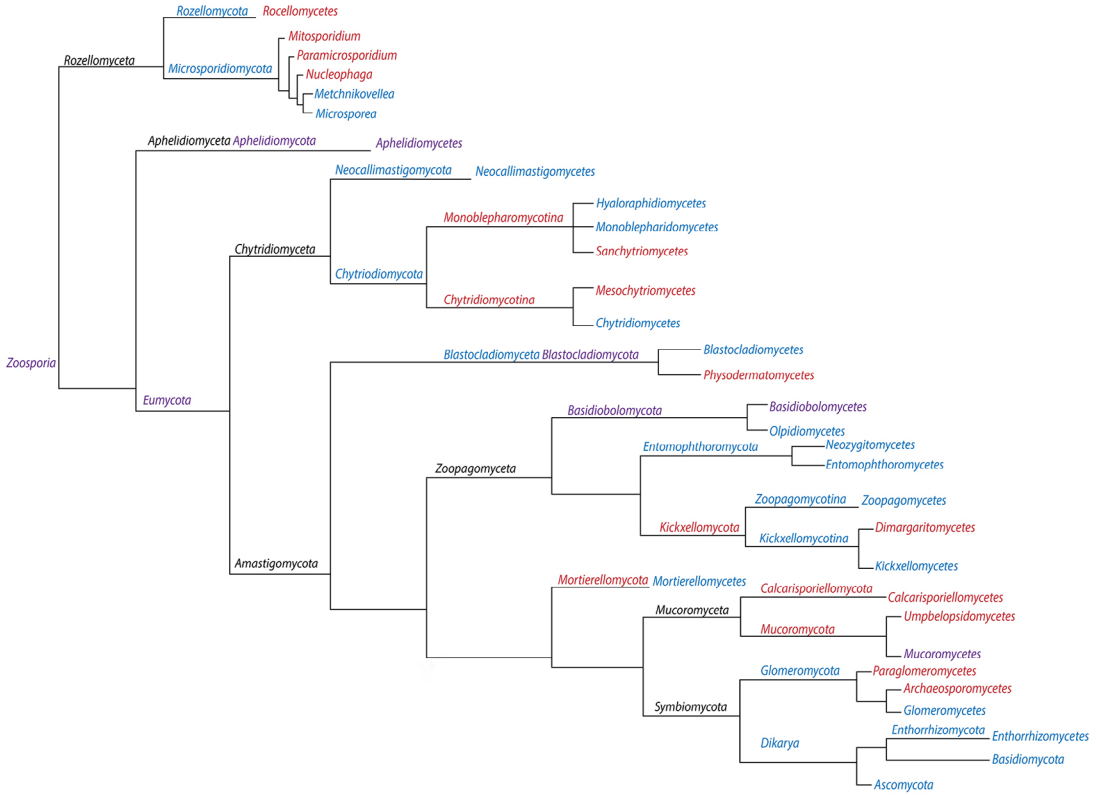
Como en todos los organismos, la taxonomía de los hongos se basa en criterios morfológicos, atributos bioquímicos o fisiológicos, características de las estructuras de reproducción y análisis de las secuencias del ácido dexoribonucléico (ADN). Las técnicas moleculares han permitido un importante avance en el conocimiento de las relaciones filogenéticas de los diferentes grupos que integran el reino Fungi, lo que ha conllevado una profunda reorganización de las categorías superiores, por lo que se ha propuesto un nuevo esquema taxonómico basado fundamentalmente en criterios moleculares (Cuadro 1).

En la actualidad, los estudios moleculares han demostrado que muchas especies, consideradas como simples morfoespecies, en realidad son complejos de especies, las cuales en muchas ocasiones sólo pueden diferenciarse molecularmente.

Aún cuando la clasificación taxonómica de los hongos se encuentran en constante cambio, actualmente se puede considerar como sigue: dominio Eukarya, división Opistholconta, superreino Holomycota, reino Fungi, con 9 subreinos y 18 *phyla* (Cuadro 1).

En micología veterinaria, los hongos patógenos para los animales se encuentran en su gran mayoría dentro de los *phyla*: Chritridiomycota, Mucoromycota, Ascomycota y Basidiomycota.

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de los hongos.



Tomado y adaptado de: Bahram *et al*. (2018).

3. Morfología

Los hongos son organismos eucariontes, heterótrofos, que poseen una pared celular rígida y continua, constituída por alfa y beta glucanas, mananas, glucoproteínas, quitina y celulosa. La pared le da forma y resistencia al cuerpo del hongo, permeabilidad celular y regula la presión osmótica; además, interacciona con el sustrato de su ambiente externo. Cuando se daña la pared, puede llegar a causar la muerte celular.

La membrana plasmática, como en todos los eucariotas, es una bicapa de fosfolípidos con proteínas transmembranales asociadas. Los hongos en sentido estricto presentan ergosterol.

El núcleo puede ser haploide o diploide y los individuos pueden ser uni o multinucleados.

Se reproducen a través de esporas y su desarrollo da lugar al "cuerpo" del hongo denominado *talo*. Los tipos de talo son hifa y levadura. La hifa conforma la unidad estructual de los hongos; es una estructura tubular de longitud variable, pluricelular, que crece por el ápice y se ramifica produciendo un crecimiento enmarañado denominado micelio. Éstas pueden ser septadas (con septos, Figura 1) o cenocíticas (sin septos, Figura 2).

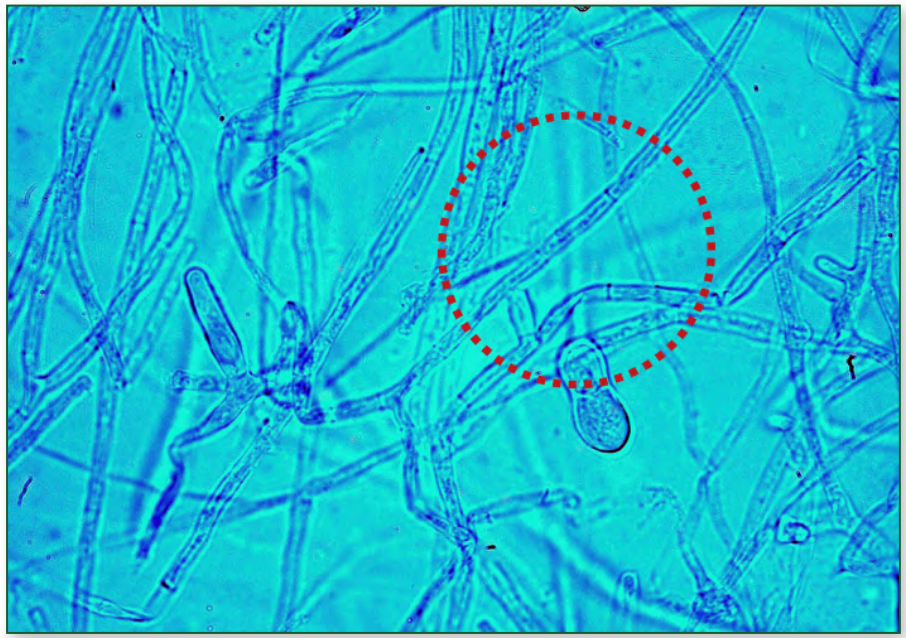


Figura 1. Micelio septado teñido con azul lactodenol. 40X. Segundo-Zaragoza, C

La levadura es unicelular y crece rápidamente de manera centrífuga, lo que da lugar a una estructura que puede ser redonda, ovalada o alargada. Este tipo de hongos, cuando se reproducen asexualmente, lo hacen por gemación (Figura 3). En las levaduras también pueden observarse seudohifas, estructuras formadas cuando no se separa la gema de la célula madre.

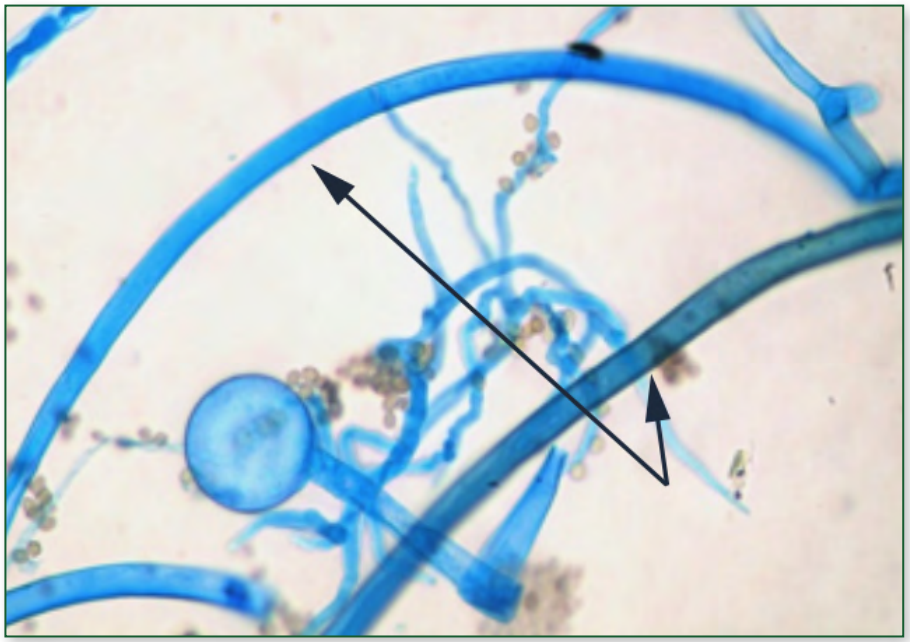


Figura 2. Micelio formado por hifas cenocíticas o no septadas teñido con azul lactofenol. 40X. Segundo-Zaragoza, C.

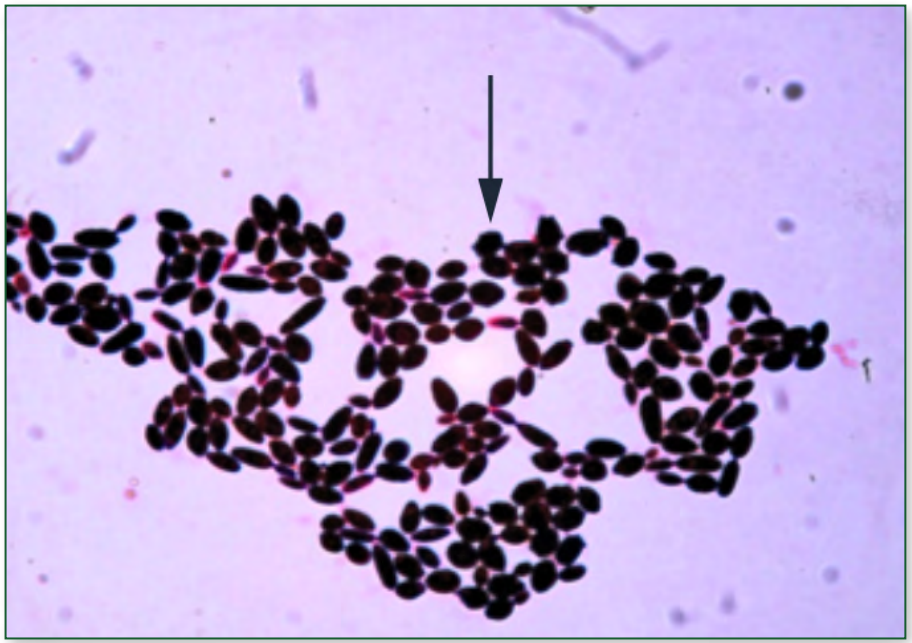


Figura 3. Levaduras únicas y en gemación teñidas con Gram. 100X. Segundo-Zaragoza, C.

4. Fisiología

Los hongos secretan enzimas al sustrato en que se encuentran y absorben los nutrimentos, que se almacenan en moléculas como el glucógeno, lípidos, trealosa o diversos polialcoholes, como glicerol o eritritol, entre otros.

El papel principal de los hongos en la naturaleza es su capacidad para descomponer la materia orgánica, por lo que su importancia es trascendental, debido a que en su proceso digestivo segregan enzimas que degradan moléculas complejas como la celulosa, la quitina y la queratina, entre otras, y las transforman en moléculas sencillas para ser nuevamente aprovechadas por otros organismos. Industrialmente se ha logrado extraer las enzimas fúngicas, que se comercializan como producto final o como parte del proceso en la producción de diversos alimentos o fármacos. Ejemplo de ello es la fermentación de bebidas alcohólicas o el desarrollo de antibióticos.

De igual forma, su adaptación a diferentes ecosistemas los contempla como organismos capaces de provocar enfermedades en los vegetales, el ser humano y otros animales.

5. Asociaciones ecológicas

Debido a su gran variedad, los hongos poseen diferentes mecanismos de adaptación al ambiente y, en consecuencia, tienen variadas relaciones con otros organismos de su entorno. Entre otras, los hongos pueden formar micorrizas (asociación simbiótica con las raíces de las plantas), ser endófitos (vivir dentro de los tallos y hojas de diversas plantas sin causar daño) o formar líquenes (asociaciones simbióticas de hongos con una o más especies de algas); sin embargo, en el terreno de la micología médica las relaciones más estudiadas son cuando los hongos se comportan como comensales y parásitos.

6. Reproducción

Los hongos presentan los dos tipos de reproducción: a) sexual y b) asexual.

a) En la reproducción sexual existe un intercambio genético, que puede generar una mejora en el género o especie del hongo involucrado y consta de cinco etapas:

- Diferenciación: implica arresto celular, producción de hormonas sexuales y expresión de receptores hormonales transmembranales.

- Plasmogamia: unión de dos células haploides en un citoplasma común, lo que ocasiona la yuxtaposición de los núcleos formando un dicario o dicarión (N+N).
- Cariogamia: fusión de dos núcleos compatibles y recombinación del material genético (2N).
- Meiosis: proceso en dos pasos que genera núcleos haploides.
- Esporulación: cada grupo de hongos tiene características particulares al generar las esporas de origen sexual, que pueden ser endógenas o exógenas. El número también varía, aunque suelen ser cuatro por el proceso de meiosis, o múltiplos por mitosis posteriores.

Las esporas de reproducción sexual pueden ser:

Oosporas: la formación de estas esporas se da por la fusión de rizoides o rizomicelio característico en los Chrytriomycetes. Ocurre en dos fases: 1) copulación planogamética y 2) oogamia, que da lugar al oogonio, que contiene las estructuras de reproducción.

Zigosporas: en ciertos zigomicetos, se fusionan las puntas de las hifas cercanas diferenciadas, ocurre la plasmogamia y se desarrolla una zigospora grande de pared gruesa donde ocurre la cariogamia, meiosis y mitosis.

Ascosporas: se forman en estructuras cerradas llamadas ascas. Algunos hongos levaduriformes y miceliales forman ascas con ascosporas. Los ascomicetos miceliales forman ascomas (cuerpo fructífero) y en su interior se encuentran las ascas con las ascosporas. Por su desarrollo y forma se reconocen como apotecio, peritecio, ascostroma, cleistotecio o gimnotecio.

Basidiosporas: después de la meiosis, por lo general, se forman cuatro basidiosporas exógenas, las cuales emergen de los esterigmas que están sobre el basidio. Todas estas estructuras se encuentran contenidas en un cuerpo fructífero llamado basidioma.

b) La reproducción asexual tiene como finalidad preservar la especie, siendo la formación de esporas mitóticas en gran cantidad. Cada espora culmina su desarrollo con una pared impermeable. Las esporas de reproducción asexual se denominan conidios (de origen tálico o blástico) y esporangiosporas.

Los conidios varían de color, y pueden ser hialinos (incoloros), verdes, amarillos, anaranjados, rojos, castaños y hasta negros; de tamaño, microconidios menores a 3 µm y macroconidios, mayores de 3 µm; de forma desde globosos hasta ovales, aciculares o helicoidales, y de número de células, ya que pueden ser uni, bi o multicelulares. Además, algunos hongos producen solamente un tipo de conidio, y otros dan hasta cuatro tipos. A continuación, se describen los conidios más comunes en hongos:

- Clamidoconidios: se forman en cualquier compartimiento de la hifa que pueda desarrollar engrosamiento de la pared y redondearse o ser irregular; por lo que la posición puede ser central, intercalar o terminal (Figura 4).
- Artroconidios: conidios formados por separación (fragmentación) de una hifa preexistente (Figura 5).
- Blastoconidios: en las levaduras se describen como gemas o yemas y se forman por el proceso de gemación (Figura 6), en hongos miceliales se pueden forman directamente de la hifa (Figura 7) o en estructuras especiales como las fiálides.
- Dictioconidios: conidios producidos a través de los poros en las células conidiogénicas, con septos trasversales y longitudinales (Figura 8)
- Fragmoconidios: conidios con septos transversales (Figura 9).
- Didimoconidios: conidios con un solo septo (bicelulares).

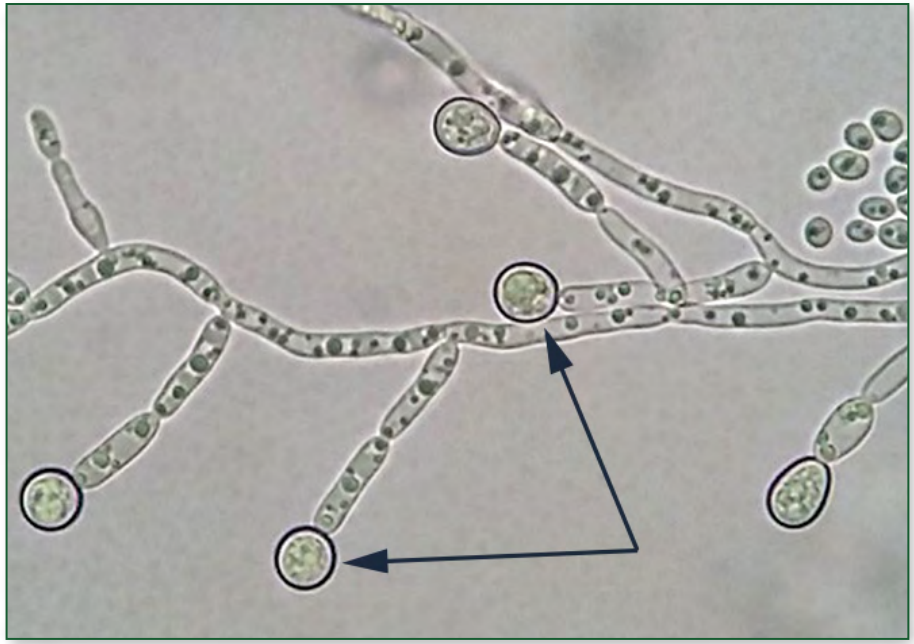


Figura 4. Clamidoconidios de *C. albicans*. Bazán-Mora, E.

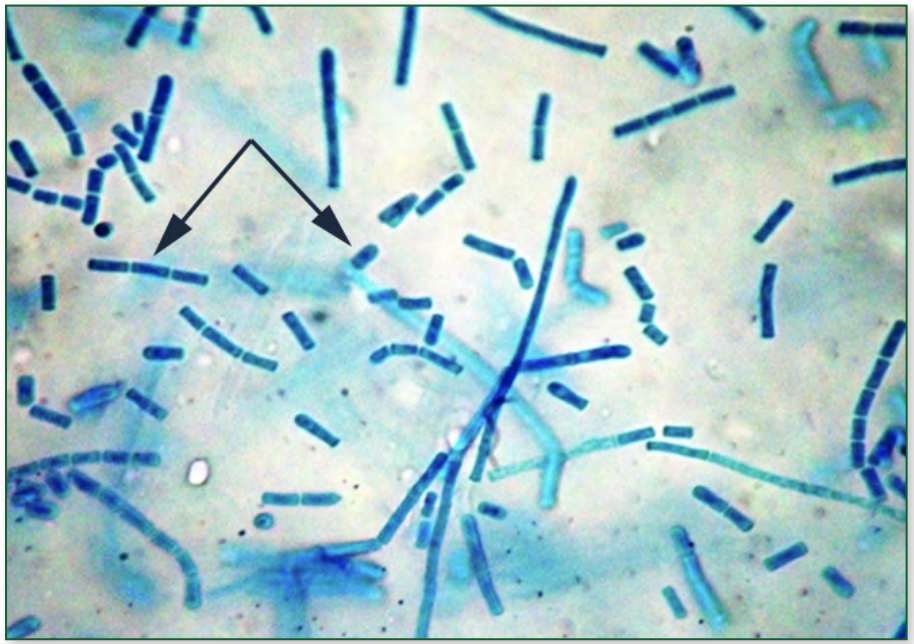


Figura 5. Artroconidios de *Geotrichum* spp., teñidos con azul lactofenol. 40X. Segundo-Zaragoza, C.

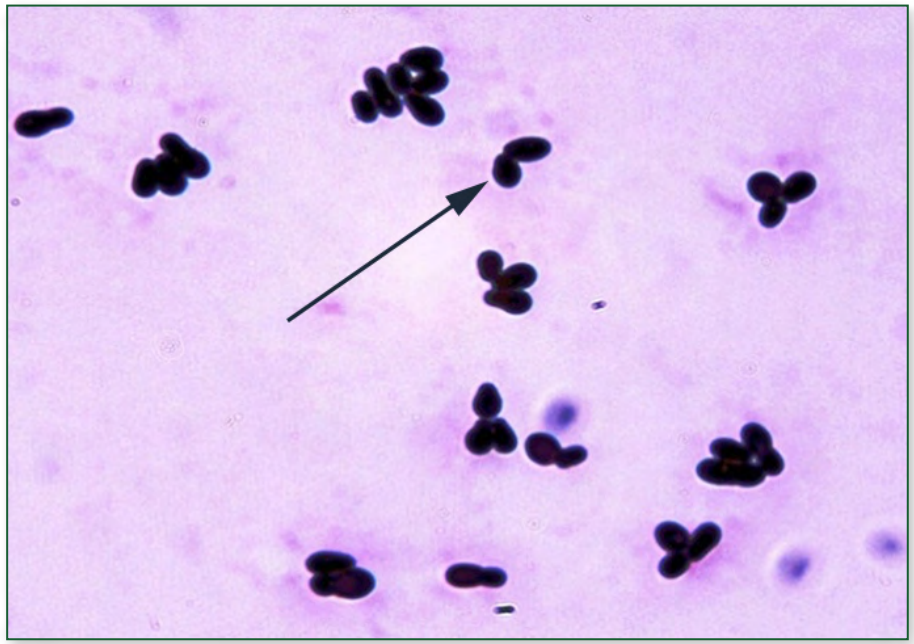


Figura 6. Blastoconidios de *Malassezia pachydermatis* teñidos con Gram. 100X. Segundo-Zaragoza C.

Figura 7. Micelio septado y blastonidio en el extremo de una hifa teñido con azul lactofenol. 40X Segundo-Zaragoza, C.

Figura 8. Dictioconidios de *Alternaria* spp., teñidos con azul lactofenol. 40X. Segundo-Zaragoza, C.

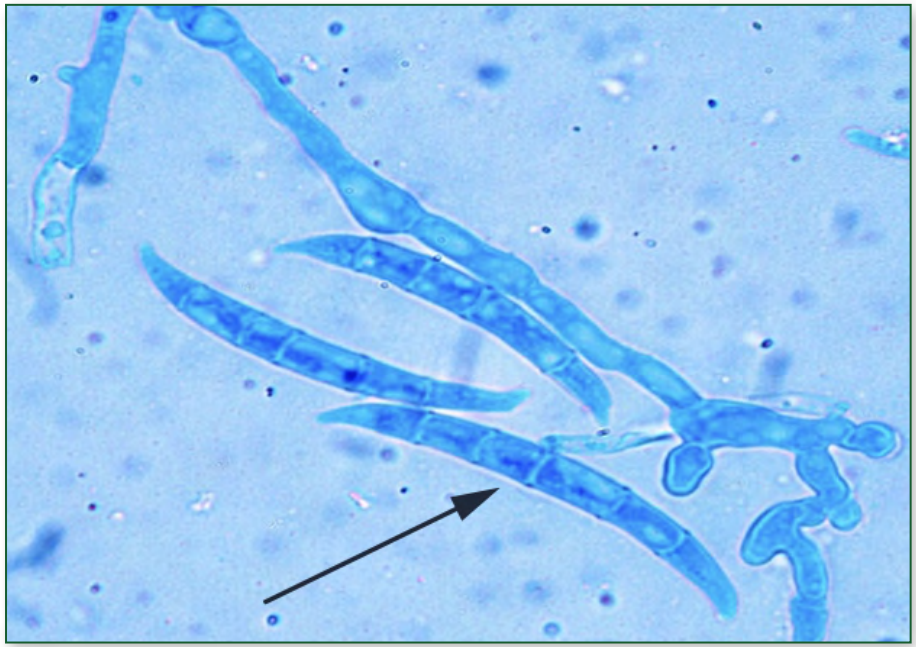


Figura 9. Fragmoconidios de *Fusarium graminerum* teñidos con azul lactofenol. 40X. Segundo-Zaragoza, C.

Las esporangiosporas son esporas endógenas, ya que se producen dentro de un saco denominado esporangio. Su color es variable y pueden ser hialinas, amarillas, grises, marrones o negras. Generalmente son pequeñas, de no más de 5 µm y pueden ser globosas, ovales u oblongas. Son unicelulares.

Además, existen estructuras especializadas que forman parte de la producción y dispersión de las esporas asexuales, como:

- Conidióforo: hifa especializada o prolongación del talo que forma conidios o porta a la célula conidiógena (Figura 10).
- Esterigma: en la formación de conidios, es una pequeña ramificación o estructura hifal que está unida al conidióforo y sobre ella se desarrollan las fiálides (Figura 10).
- Fiálide: célula conidiógena (formadora de conidios) en forma de "botella", puede originarse directamente en la hifa o en estructuras especializadas como el conidióforo de *Penicillium o Aspergillus* (Figuras 10 y 11).
- Vesícula: elongación del conidióforo de forma de burbuja, es propia del género *Aspergillus* (Figura 11).

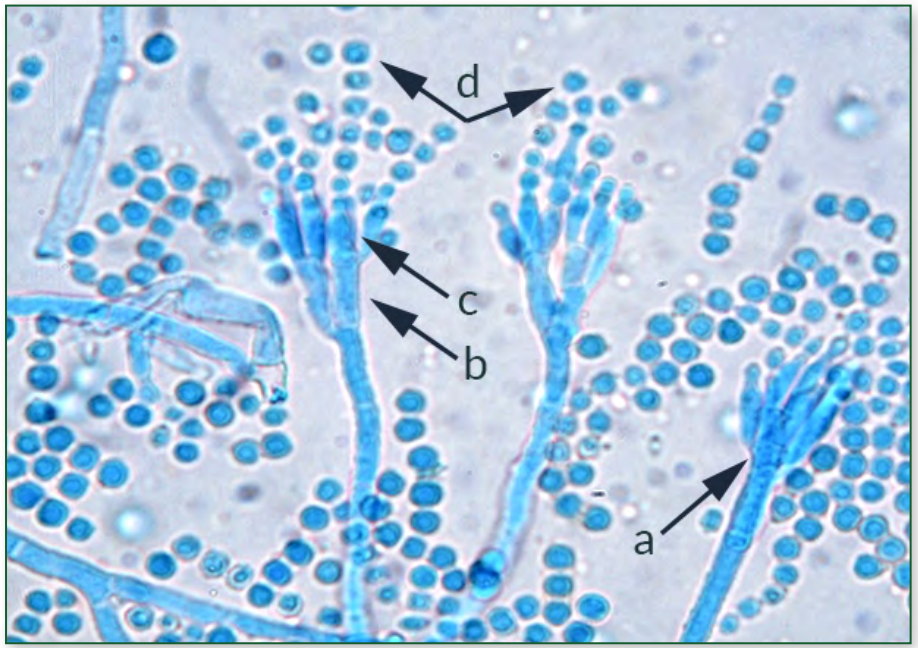


Figura 10. Conidóforo (a), fiálides (b), esterigmas (c) y conidios (d) de *Penicillium notatum*, teñidos con azul lactofenol. 40X. Segundo-Zaragoza, C.

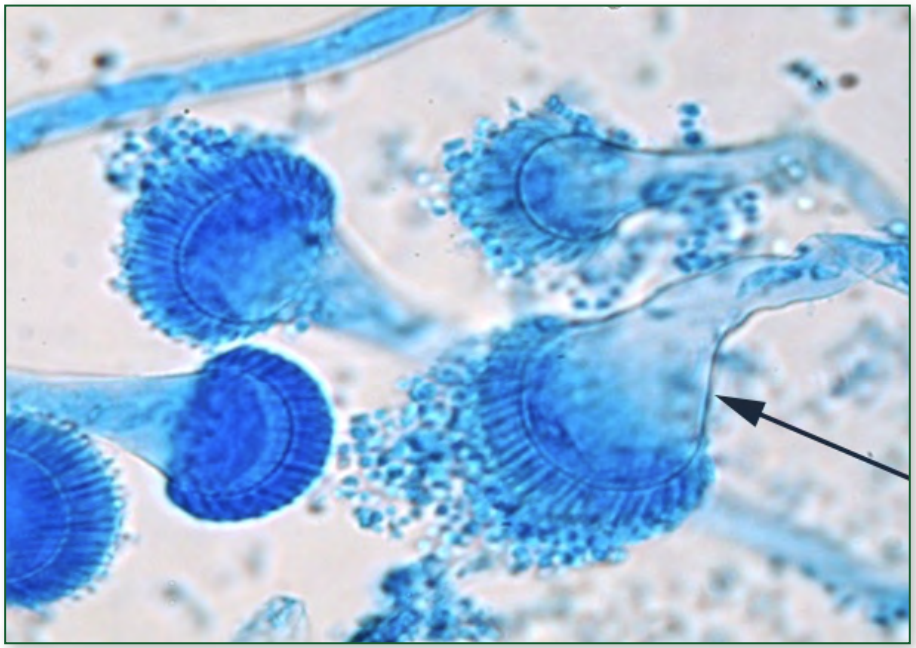


Figura 11. Vesícula de A. *fumigatus* teñida con azul lactofenol. 40X. Segundo-Zaragoza, C.

- Esporangióforo: hifa especializada que sostiene al esporangio, se presenta en general en los mucorales (Figura 12).
- Esporangio: estructura en forma de bolsa o saco, en donde se forman las esporangiosporas; es propia de los mucorales (Figura 12).
- Columnela: estructura estéril que se forma de la prolongación del esporangióforo y se encuentra dentro del esporangio (mucorales).
- Rizoides: hifas de extremo agudo o fino, su función principal es la de fijación al sustrato (Figura 12).
- Estolón: hifa que conecta dos grupos de rizoides o esporangióforos.

Las esporas asexuales que presentan los Chritridiomycetos, se denominan *zooporas*; son móviles y pueden tener de uno a dos flagelos, como por ejemplo el hongo *Batrachochytrium dendrobatidis*.

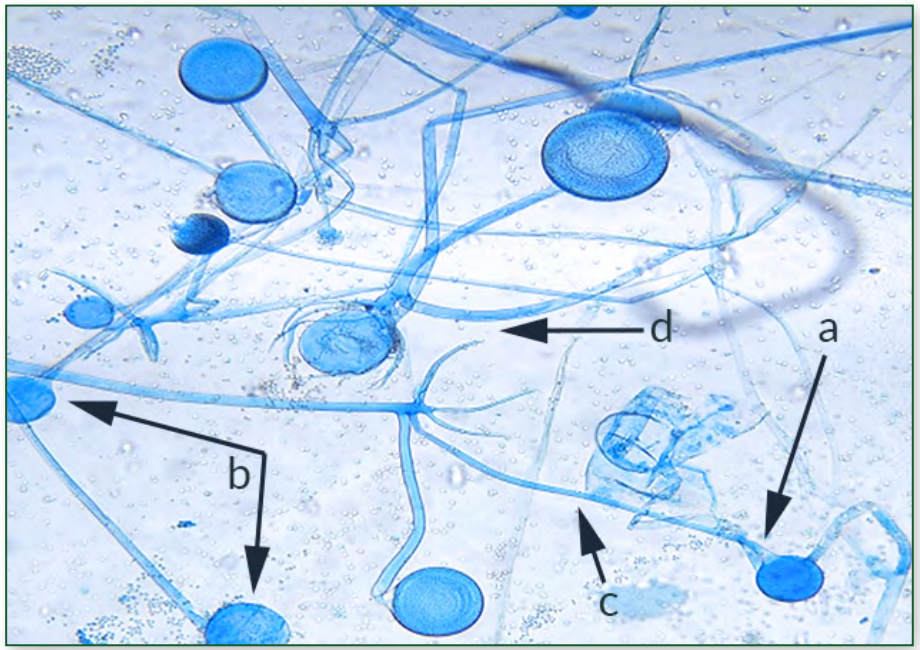


Figura 12. Esporangióforo (a), esporangio (b), columnela (c) y rizoides (d) de un mucoral teñido con azul lactofenol. 40X. Segundo-Zaragoza, C.

7. Micosis en micología veterinaria

En general, los hongos pueden dañar a los animales por:

- *Micotoxicosis*: intoxicación ocasionada por la ingestión de granos o silo contaminado con metabolitos secundarios (toxinas) de uno o varios hongos microscópicos.
- *Micosis*: infecciones provocadas por la invasión de los hongos microscópicos (parásitos) en los tejidos animales (huésped).

Entre las micosis más estudiadas se encuentran:

- Dermatomicosis por: a) dermatofitos: *Microsporum* spp., *Trichophyton* spp., y *Chrysosporium* spp. y b) levaduras: *Malassezia* spp.
- Quitridiomicosis: *Batrachochytrium dendrobatidis* (*Bd*).
- Esporotricosis: *Sporothrix schenkii*.
- Micetoma: *Madurella*, *Pseudoallescheria, Scedosporium*.
- Aspergilosis: *Aspergillus* spp.
- Criptococosis: *Cryptococcus* spp.
- Candidiasis: *Candida* spp.
- Blastomicosis: *Blastomyces dermatitidis*.
- Histoplasmosis: *Histoplasma* spp.
- Coccidioidiomicosis: *Coccidiodes immitis*.
- Mucormicosis: Mucor sp., *Absidia* (*Lichtheimia*) sp., *Rhizopus* sp., *Rhizomucor*.
- Feohifomicosis: *Alternaria* sp.
- Hialohifomicosis: *Penicillium* sp., *Fusarium* sp.

Cuando están inmunocomprometidos o han recibido un tratamiento con antibióticos, los animales pueden contraer infecciones por hongos oportunistas no asociados de forma habitual a un proceso infeccioso. Las muestras clínicas se deben obtener asépticamente de las áreas de las lesiones.

Por último, es conveniente señalar otras de las afecciones causadas por hongos de relevancia económica que pueden producirse en los animales de producción, como las mastitis y los abortos micóticos.

8. Bibliografía

- Arenas R.: Micología médica ilustrada. 5ª ed. México: McGraw-Hill; 2014.
- Bahram M, Doring M, Schigel D, May T, Ryberg M, Abarenkov K. High-level classification of the Fungi and a tool for evolutionary ecological analyses. Fungal Diversity. 2018;90(1):135–59.
- Bass D, Czech L, Williams BAP, Berney C, Dunthorn M, Mahé F, et al. Clarifying the Relationships between Microsporidia and Cryptomycota. J Eukaryot Microbiol. 2018. https://doi.org/10.1111/jeu.12519.
- Bonifaz A.: Micología médica básica. 5ª ed. México: McGraw-Hill; 2015.
- Indranil S.: Veterinary mycology. India: Springer; 2014. DOI 10.1007/978-81-322-2280-4.
- López MR, Méndez TLJ, Hernández HF, Castañón OR. Micología médica. Procedimientos para el diagnóstico de laboratorio. México: Trillas; 2004.
- Webster J, Weber RWS. Introduction to fungi. Cambridge: Cambridge University Press;. 2007. Disponible en: http://www.dbbe.fcen.uba.ar/contenido/objetos/WEBSTER30521807395.pdf

Disponible en:
Sitio WEB institucional de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM.
Tema: MICOLOGÍA VETERINARIA
Publicaciones: COLECCIÓN Temas Selectos de Micología Veterinaria

Créditos técnicos avalados por autores:

Diseño y formación editorial: LDCV Rosalinda Meza Contreras.

Diseño de portada: LSCA Edgar Emmanuel Herrera López.

Fotografías: Dra. Carolina Segundo Zaragoza y Biol. Elba Bazán Mora.

Responsable editorial: MVZ Laura E. Martínez Alvarez.

Webmaster: LCG. Marco A. Domínguez Guadarrama.

De la colección Temas Selectos de Micología Veterinaria:
"Generalidades de los hongos"
Editada por la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

Se terminó el 28 de septiembre de 2019.
Departamento de Diseño Gráfico y Editorial
de la Secretaría de Vinculación y Proyectos Especiales:
edificio 2, planta baja, FMVZ-UNAM.
Avenida Universidad 3000, Ciudad Universitaria,
Coyoacán, 04510, México, Ciudad de México.
Formación y composición tipográfica
en tipos Myriad Pro y Dax.
Medio electrónico: internet
Formato: PDF
Tamaño: 1.8 MB