

Contingut de les classes de Microbiologia. Primer curs.

Introducció a la Micologia

Grau de Veterinària

M. Rosa Bragulat i F. Javier Cabañes
Facultat de Veterinària, Universitat Autònoma de Barcelona.

Contingut

Metodologia docent de les classes teòriques	2
1. Introducció a la Micologia	3
2. Característiques generals dels fongs vertaders	3
3. Característiques morfològiques.	4
3.1. Estructures vegetatives	4
3.2. Estructures de reproducció	4
3.2.1. Mitòspores	5
3.2.2. Meiòspores	5
4. Taxonomia fúngica.....	5
5. Principals grups de fongs d'importància en clínica i aliments	5
5.1. Chytridiomycota	6
5.2. Mucoromycota	7
5.3. Ascomycota	7
5.3.1. <i>Aspergillus</i>.....	7
5.3.2. <i>Penicillium</i>.....	7
5.3.3. <i>Fusarium</i>	8
5.3.4. Dermatòfits	8
5.3.5. <i>Sporothrix</i>	8
5.3.6. <i>Candida</i>	8
5.3.7. <i>Saccharomyces</i>.....	9
5.4. Basidiomycota.....	9
5.4.1. <i>Cryptococcus</i>.....	9
5.4.2. <i>Malassezia</i>	10
6. Malalties produïdes pels fongs	10
6.1. Micosis.....	10
6.2. Micotoxicosis	11
7. Paper beneficiós dels fongs	13
Bibliografia	14
Exemples de preguntes de tipus test.....	15

Metodologia docent de les classes teòriques

En aquest curs, a les classes teòriques es realitzarà una introducció a la classe inversa, en el que s'inclouran dubtes o preguntes que els estudiants o els professors vulguin realitzar sobre els temes tractats. Els resums dels continguts a tractar en els diferents blocs es depositaran al Campus virtual abans de les diferents classes programades. Aquests resums poden incloure preguntes, recomanacions bibliogràfiques concretes dels llibres que els estudiants tinguin en obert, així com d'altres fonts com publicacions i pàgines web, que es puguin consultar en obert. Els estudiants després de rebre aquesta informació la treballen i l'assimilen individualment. A la classe els estudiants proposen als professors els seus dubtes i preguntes sobre el material rebut. També poden donar respostes a les preguntes prèviament plantejades pel professor. El professor explica el contingut del tema i dona resposta als dubtes i a les preguntes dels estudiants.

Important: Tots els vostres dubtes, les preguntes, les figures i els experiments, els podem comentar a la sessió d'aula corresponent.

1. Introducció a la Micologia.

La paraula micologia conté un prefix que deriva de *mikes*, paraula grega que vol dir bolet (=fong), i del sufix *logos* que significa estudi. Per tant, la micologia és la ciència que té com a objecte d'estudi els fongs.

De fet els fongs es coneixen des de fa milers d'anys, però el seu estudi sistemàtic s'inicia amb el descobriment del microscopi. A l'any 1729, el botànic Micheli, que es considera el pare de la ciència de la micologia, va publicar un llibre on s'inclouen descripcions de fongs. El seu vessant en el camp de les malalties va començar a desenvolupar-se al segle XIX. En aquest camp, Bassi al 1835 va ser el primer en demostrar que un fong causava una malaltia en els animals, concretament en els cucs de seda. En malalties humanes, Schönlein al 1839 va descriure per primera vegada que la causa d'una malaltia de la pell anomenada tinya també era un fong. Entre els primers investigadors en el camp de la micologia mèdica destaquem Sabouraud que al final del segle XIX va poder aïllar i cultivar els fongs causants de les tines.

Pregunta 1. Coneixes algun nom de medi de cultiu utilitzat freqüentment a micologia clínica?

La micologia és una ciència multidisciplinar que inclou diferents especialitats i especialistes. Per exemple els macromicets normalment són estudiats pels botànics. Els micromicets que causen malalties als humans i animals, i que produeixen alteracions dels aliments i micotoxines poden ser objecte d'estudi dels microbiòlegs, micòlegs, metges i veterinaris, entre d'altres especialistes.

Els fongs estan inclosos en diferents grups d'organismes molt distants filogenèticament entre sí. Actualment coneixem que els fongs mucosos (veure figures 17.16, 17.17 i 17.18 del llibre 2) formen part de Amoebozoa i que els anomenats fongs aquàtics o oomicets formen part de Stramenopila (veure figura 24.18 del llibre 1). No obstant, la gran majoria estan dins del regne Fungi. Aquests s'anomenen fongs vertaders i són els que tractarem en aquest bloc.

2. Característiques generals dels fongs vertaders.

Els fongs vertaders són organismes eucariotes, heteròtrofs, osmòtrofs, unicel·lulars o filamentosos amb paret cel·lular rígida i que es reproduïxen sexualment i/o asexualment. A diferència de les plantes, els fongs no tenen clorofil·la, per tant no realitzen la fotosíntesi. La seva paret cel·lular està formada principalment per quitina, quitosà, glucans i glicoproteïnes. No obstant aquesta composició varia segons els diferents grups de fongs.

L'hàbitat dels fongs és molt ampli, per això diem que són ubics. De fet, la gran majoria són terrestres, però també n'hi ha d'aquàtics i d'altres són paràsits tant de les plantes, com dels humans i dels animals. Molts són sapròfits i alguns són simbiotes.

Els fongs descomponen la matèria orgànica, són contaminants de molts substrats, entre ells els aliments, n'hi ha de patògens tant a les plantes, com als humans i animals, i també poden ser útils,

com ara en l'elaboració d'alguns aliments i begudes, i per la capacitat de produir metabòlits d'ús industrial.

Pregunta 2. Coneixes algun exemple d'aquestes utilitats que tenen els fongs?

Per créixer, en general, tenen requeriments nutritius senzills, no són massa exigents. Necessiten una font de carboni, com ara sucres, proteïnes o lípids; també una font de nitrogen, tant orgànica com inorgànica, i traces de minerals, entre ells fòsfor, sofre, magnesi, potassi, calci, i en menys quantitats ferro, coure o manganès. Algunes espècies requereixen vitamines o algun factor de creixement.

Les condicions òptimes per desenvolupar-se solen tenir valors més baixos que en el cas dels bacteris. Així creixen a valors de pH entre 3 i 8,5, sent els òptims entre 5 i 6,5. També el valor de l'activitat d'aigua (a_w) del substrat sol ser inferior, marges entre 0,6 a 0,8. La temperatura de creixement òptima en general, és al voltant de 25°C, amb uns marges de 22 a 28°C, tot i que hi ha espècies que poden créixer per sobre dels 37°C. El temps de creixement és un paràmetre més variable, sobretot en funció de si es tracta de fongs unicel·lulars o pluricel·lulars, així que en general, pot oscil·lar entre 2 fins a 7 o 14 dies pel seu creixement complert. En quant a la relació amb l'oxigen, la majoria d'espècies fúngiques són aeròbies, tot i que també n'hi ha d'anaeròbies facultatives. Finalment, també cal citar que alguns fongs són anaerobis estrictes, destacant aquells que formen part del rumen dels remugants. Respecte al metabolisme secundari fúngic, que normalment s'origina a la fase estacionària de creixement, s'ha identificat un elevat nombre de compostos químics i amb una gran diversitat química.

Pregunta 3. Coneixes alguns d'aquests compostos que poden elaborar determinades espècies fúngiques?

3. Característiques morfològiques.

Els fongs tenen dos tipus d'estructures, les vegetatives i les de reproducció.

3.1. Estructures vegetatives.

En el cas dels fongs pluricel·lulars o miceliars les estructures vegetatives les formen les hifes. Una hifa és una massa citoplasmàtica i multinucleada, inclosa en una estructura tubular, que es va desplaçant cap a la part apical. Les hifes de molts fongs miceliars són septades, ja que presenten septes transversals i d'altres són aseptades i se les anomena cenocítiques (veure figura 25.3 del llibre 1). El conjunt de hifes s'anomena miceli i sol ser visible a cop d'ull. En canvi, els llevats són fongs unicel·lulars (veure figura 17.22 del llibre 2).

3.2. Estructures de reproducció.

A les estructures de reproducció fúngiques, se les anomena de forma genèrica espores. Se'n poden trobar de dos tipus, les espores sexuals que s'originen per un procés de meiosi, per això són meïospores; i les espores asexuals que s'originen per una mitosi, i per tant es tracta de mitòspores. No tots els fongs presenten els dos tipus de espores, però si que com a mínim es poden reproduir per la via asexual. La forma asexual d'un fong rep el nom d'anamorfo. La forma sexual s'anomena teleomorfo.

Quan un fong presenta les dos formes diem que és l'holomorf. La funció de les espores és fonamentalment la de la propagació de l'espècie, però també en molts casos són estructures de resistència a condicions adverses. Segons com es formen les estructures de reproducció reben diferents noms. Per exemple dins les mitòspores podem destacar les esporangiòspores i els conidis, i dins les meiòspores, les zigòspores, les ascòspores i les basidiòspores.

3.2.1. Mitòspores.

Les esporangiòspores es formen en l'interior d'una estructura anomenada esporangi i presenten diferents morfologies. Quan l'esporangi es trenca s'alliberen les esporangiòspores. Aquest tipus d'estructures de reproducció asexual són típiques dels fongs mucorals (p.e. *Mucor*). Els conidis, en canvi, no es formen mai dins d'un esporangi. Hi ha diverses formes d'originar-se, com ara a partir de la fragmentació d'una hifa, com per exemple, els artroconidis o les clamidòspores. També poden originar-se a partir de cèl·lules especialitzades que neixen de les hifes, és a dir de material nou. A aquestes estructures que formen els conidis se les anomena conidiòfors i d'aquests n'hi ha una gran varietat. La forma del conidiòfor ens ajuda a la identificació morfològica d'un aïllament fúngic (veure figura 25.4 del llibre 1).

3.2.2. Meiòspores.

Les zigòspores són típiques del grup dels zigomicets. Es formen per unió de dues hifes de signe contrari i formen una espora diploide. Pot resistir condicions desfavorables i també germinar i donar lloc a un esporangi amb esporangiòspores haploides dels dos signes, després d'un procés de reducció meiòtica (veure figura 25.7 del llibre 1).

Les ascòspores es formen dins d'una mena de sac, anomenat asc. A la vegada els asc es formen dins d'un cos fructífer que s'anomena ascocarp. Els asc poden contenir diferent nombre d'ascòspores, segons l'espècie. La morfologia de les ascòspores, dels asc i dels ascocarps és molt variable i ens ajuda en la identificació morfològica d'un aïllament fúngic. Aquest tipus de reproducció sexual és típica dels fongs que pertanyen als ascomicets (veure figura 25.11 del llibre 1).

El tercer tipus de meiòspora que destaquem són les basidiòspores. Aquestes neixen exògenament en unes estructures anomenades basidis que es troben generalment en un cos fructífer que s'anomena basidiocarp. Aquest tipus de reproducció sexual és típica dels fongs que pertanyen als basidiomicets (veure figura 25.14 del llibre 1).

4. Taxonomia fúngica.

La taxonomia és la ciència de la classificació dels organismes. Inclou tres parts ben diferenciades que són la classificació, la identificació i la nomenclatura.

Pregunta 4. Saps que s'entén per classificar fongs? I identificar?

La classificació dels fongs, fins no fa massa anys, es basava principalment en criteris morfològics. Utilitzant aquests criteris clàssics les divisions del regne Fungi són Chytridiomycota, Zygomycota,

Ascomycota i Basidiomycota. Actualment també es fan servir tècniques moleculars com la de la seqüenciació del DNA. L'aplicació d'aquestes tècniques ha permès veure que algunes de les divisions clàssiques del regne Fungi no són monofilètiques, com Zygomycota i Chytridiomycota i s'han escindit. També s'ha pogut determinar que altres organismes no considerats fongs fins fa poc, ara formen part d'aquest regne (p.e. Microsporidia) (veure figura 25.1 del llibre 1).

També ha passat el mateix amb la identificació fúngica. Fins ara es basava principalment en criteris morfològics, però actualment també s'utilitza la seqüenciació de gens específics per poder identificar-los.

La nomenclatura significa posar noms als nous aïllaments. En el cas de les espècies, de la mateixa forma que en el cas dels bacteris, la nomenclatura utilitzada és binomial i llatinitzada (p.e. *Aspergillus flavus*). No obstant, en el cas dels fongs, de vegades l'anamorf i el teleomorf d'una mateixa espècie rebien noms diferents. L'any 2013, el Codi Internacional de Nomenclatura d'Algues, Fongs i Plantes, va fer un pas per tal resoldre aquest problema, i es va arribar al consens següent: que un fong determinat només hauria de tenir un nom. Aquest fet ha provocat que hi hagi nous noms per a moltes espècies fúngiques. Per aquest motiu, encara avui trobem molts llibres en els que la nomenclatura fúngica no està totalment actualitzada.

Per identificar un aïllament fúngic, cal tenir present, en primer lloc de si es tracta d'un fong miceliar o un llevat. En el cas dels fongs miceliars, s'utilitzen criteris morfològics macroscòpics, com són la forma de les colònies, el seu diàmetre, aspecte, color, entre d'altres. També s'utilitzen criteris microscòpics, com la caracterització de les espores, els conidis i els conidiòfors, entre d'altres. Quan es tracta de llevats, les dades morfològiques, macroscòpiques i microscòpiques aporten poca informació, per aquest motiu, hem utilitzar proves fisiològiques i bioquímiques, com amb els bacteris. La majoria de llevats es reproduïxen asexualment per gemmació. També es pot considerar la forma i mides de la cèl·lula, si forma o no càpsula. En quant a proves fisiològiques i bioquímiques, s'utilitzen fonamentalment assimilació de diferents sucres, i de diferents fonts de carboni, així com creixement a diferents temperatures. Actualment, per confirmar la identificació dels fongs s'utilitzen criteris moleculars, principalment aquells que es basen en la seqüenciació de gens específics que ens puguin ajudar a determinar l'espècie.

5. Principals grups de fongs d'importància en clínica i aliments

En aquest punt descriurem de forma resumida alguns dels principals gèneres de fongs que es troben en les nostres latituds i que presenten importància com a causants de malalties i en la indústria dels aliments, ordenats segons a les diferents divisions a les que pertanyen.

5.1. Chytridiomycota

A la divisió Chytridiomycota s'inclouen fongs que presenten espores mòbils, que es formen en zoosporangis i s'anomenen zoòspores. Normalment les espècies d'aquest grup tenen un hàbitat aquàtic. En aquest grup podem destacar algunes espècies de *Batrachochytrium* que estan causant el declivi d'alguns amfibis. Aquests fongs produeixen una malaltia que s'anomena quitridiomicosis que afecta a la epidermis i que fa que no puguin respirar a través de la pell. **Pots consultar més informació a:** <https://www.aemicol.com/quitridiomicosis-en-anfibios/>.

5.2. Mucoromycota

La divisió Mucoromycota inclou fongs que presenten mitòspores endògenes, formades en esporangis i que formen zigòspores. Presenten hifes cenocítiques i que tenen un creixement ràpid i sobretot molt invasiu. En aquest grup hi ha moltes espècies importants per la seva capacitat de deteriorar els vegetals, i aliments en general. Algunes espècies també són utilitzades per elaborar aliments sobretot a països asiàtics. També hi ha espècies que poden afectar a l'home i als animals donant lloc a mucormicosis. Les espècies més rellevants estan dins els gèneres *Absidia*, *Lichtheimia*, *Mucor* i *Rhizopus* (veure figura del capítol 46 del llibre 3).

5.3. Ascomycota

Els ascomicets presenten mitòspores exògenes, formades en conidiòfors i meiòspores endògenes, anomenades ascòspores i formades en asc. En aquesta divisió hi ha tant macromicets o bolets com micromicets i dins d'aquests, tant fongs miceliars com llevats. També cal remarcar que moltes espècies d'aquest grup normalment només presenten l'anamorf. Inclou més de 5.000 gèneres i més de 60.000 espècies. En aquest grup hi trobem la majoria d'espècies d'interès com a patògens de vegetals i també dels humans i animals. La importància en aliments és deguda a que determinades espècies tenen la capacitat d'alterar aquests productes i d'altres produir toxines, que s'anomenen micotoxines. Tanmateix també inclou moltes espècies comestibles i també d'útils a la indústria química i alimentària.

5.3.1. *Aspergillus*

Dins d'aquest gènere hi ha unes 450 espècies reconegudes. Es tracta de fongs que es poden trobar a l'aire i en els sòls i per tant són contaminants habituals de diferents substrats. Són agents causals de micosis oportunistes, normalment respiratòries. Moltes espècies són productores de micotoxines, com ara aflatoxines, ocratoxines, entre d'altres. Algunes espècies són d'ús industrial per la capacitat de produir enzims, entre d'altres substàncies; altres s'utilitzen en l'elaboració d'alguns aliments. Les característiques morfològiques macroscòpiques són variables. Microscòpicament presenten conidiòfors llargs i acabats amb una vesícula més o menys globosa, que presenta al voltant les cèl·lules en forma d'ampolla, anomenades fiàlids, que formen els conidis (pots consultar la figura del capítol 43, en el llibre 3).

5.3.2. *Penicillium*

Dins d'aquest gènere hi ha més de 480 espècies reconegudes. Es tracta de fongs que es poden trobar a l'aire i en els sòls i per tant són contaminants habituals de diferents substrats. Poques espècies estan descrites com a agents causals de micosis, generalment actuen com a oportunistes. Moltes espècies són productores de micotoxines, com ara ocratoxines, patulina, citrinina, entre d'altres. Diverses espècies són útils en la indústria alimentària: elaboració de formatges, embotits, etc. Les característiques morfològiques macroscòpiques són variables. Formen colònies de colors variats, sobretot els verds i blaus. Presenten abundant esporulació. Microscòpicament presenten conidiòfors en forma de pinzell. Els conidis es formen a partir de fiàlids (veure figura 5.1c del llibre 1).

Pregunta 5. Coneixes algun metabòlit del gènere *Penicillium* que l'ha fet molt conegut ja des de fa anys?

5.3.3. *Fusarium*

Dins d'aquest gènere hi ha al voltant d'unes 70 espècies reconegudes. Es tracta de fongs que viuen en sòls i per tant són contaminants habituals de diferents substrats. Algunes espècies estan descrites com agents causals de micosis oportunistes (p.e. queratitis). Moltes espècies són productores de micotoxines, com ara fumonisines, tricotecens, zearalenona, entre d'altres. Algunes espècies són útils en la indústria alimentària. La identificació morfològica és molt complexa. Formen colònies generalment de colors clars, sobretot roses. Microscòpicament, hi ha espècies que formen conidis en forma de fus, d'aquí ve el nom del gènere, amb setpes transversals.

5.3.4. Dermatòfits

Es tracta d'espècies de fongs miceliars que se'ls agrupa sota la denominació de dermatòfits ja que causen micosis freqüents a la pell. Normalment s'anomenen tnyes o dermatofitosis i són molt contagioses. Actualment, les espècies més importants s'inclouen en els gèneres *Epidermophyton*, *Lophophyton*, *Microsporum*, *Nannizzia* i *Trichophyton*. Molts d'aquests fongs estan adaptats a l'hoste, de manera que trobarem espècies fúngiques que afecten a determinades espècies animals. Hi ha espècies zoòfiles, com *Microsporum canis* típica del gat o *Trichophyton verrucosum* de la vaca, però que també poden produir tinya a l'home i als animals. Hi ha espècies antropòfiles, que es limiten a causar tnyes a l'home i no afecten a altres animals, com ara *Trichophyton rubrum* o *Epidermophyton floccosum*. També hi ha espècies geòfiles, com *Nannizzia gypsea* que viu en els sòls, tot i que també pot produir tinya a l'home i als animals. Microscòpicament, poden formar dos tipus de conidis. Uns més grans que s'anomenen macroconidis que contenen setpes transversals i uns de més petits que s'anomenen microconidis i normalment són unicel·lulars. Pots veure microfotografies d'aquests conidis a <https://www.aemicol.com/dermatofitos-algunos-nombres-cambian-f-javier-cabanes/> i <https://www.aemicol.com/erizos-tinas-zoonosis-pueden-llegar-a-picar-mucho-f-javier-cabanes/>.

5.3.5 *Sporothrix*

Es tracta d'un gènere de fongs dimorfs, ja que presenta forma de llevat en teixit quan infecta als animals i miceliar al terra o determinats vegetals. Aquests fongs causen una micosi subcutània que s'anomena esporotricosi. Entre les espècies més importants hi ha *Sporothrix schenckii* i *Sporothrix brasiliensis* que causen l'esporotricosi a l'home i al gat, respectivament. De fet el gat està considerat el principal transmissor de *S. brasiliensis* a l'home, causant brots epidèmics al Brasil en els últims anys. La fase miceliar en cultiu presenta típics microconidis ovalats agrupats en rosetes (veure figura 32.1d del llibre 2).

5.3.6. *Candida*

Es tracta d'un gènere important de llevats que inclou diverses espècies d'interès clínic que causen diferents tipus de micosis oportunistes. Algunes formen part de la microbiota normal de la pell i mucoses, com *Candida albicans*, que es troba a les mucoses del aparell digestiu, vaginal i del tracte

urinari dels humans i animals. Aquesta espècie és la més important del gènere. Les colònies són mucoses i de tonalitats blanquinoses. Microscòpicament es caracteritza per formar cèl·lules ovalades que poden formar pseudomiceli i miceli vertader (veure figura 32.1c del llibre 2).

5.3.7. *Saccharomyces*

Es tracta d'un gènere important de llevats que inclou diverses espècies d'interès biotecnològic. Rarament produeixen micosis. (veure figures 17.26 i 17.27 del llibre 2).

Pregunta 6. Coneixes el nom d'alguna espècie d'aquest gènere?

Pregunta 7. Coneixes el nom de la espècie utilitzada com a organisme model eucariota?

Pregunta 8. Coneixes alguna de les seves aplicacions industrials?

5.4. Basidiomycota

Els basidiomicets presenten meïospores exògenes, anomenades basidiòspores i formades en basidis. En aquesta divisió hi ha tant macromicets o bolets com micromicets i dins d'aquests, tant fongs miceliars com llevats (veure figura 17.30 del llibre 2).

En aquest grup hi trobem espècies d'interès com a patògens de vegetals i també dels humans i animals. Tanmateix també inclou moltes espècies comestibles, com per exemple el xampinyó (*Agaricus bisporus*), i també de verinoses com la farinera borda (*Amanita phalloides*). Destacarem dos gèneres com són *Cryptococcus* i *Malassezia*, per la seva importància com a patògens en humans i animals. En ambdós casos es tracta de llevats.

5.4.1. *Cryptococcus*

Aquest gènere inclou diverses espècies d'interès clínic que causen micosis sobretot en pacients immunodeprimits. L'espècie més important és *Cryptococcus neoformans*. La malaltia s'anomena criptococcosi. Microscòpicament es caracteritza per formar cèl·lules esfèriques que presenten càpsula. Es coneix la seva fase sexual. (veure figura 32.1a del llibre 2). [Podeu trobar més informació sobre els reservoris d'aquests llevats i les malalties que poden causar als animals a https://www.aemicol.com/tsunamis-cambios-etilogia-criptococosis-canina-y-felina-f-javier-caban-animal-mycology-aem/](https://www.aemicol.com/tsunamis-cambios-etilogia-criptococosis-canina-y-felina-f-javier-caban-animal-mycology-aem/).

5.4.2. *Malassezia*

Els llevats d'aquest gènere formen part de la microbiota normal de la pell i de les mucoses dels animals homeotèrmes. Una característica important d'aquestes espècies és que són lipodependents, és a dir, que necessiten la presència de lípids per poder créixer. El seu hàbitat sol ser, doncs en zones on troben aquests compostos. Per aquest motiu, per cultivar aquest llevats en el laboratori normalment es requereix de l'addició lípids als medis de cultiu. No es coneix la seva fase sexual.

Pregunta 9. Si no es coneix la seva fase sexual com se sap que pertanyen als basidiomicets?

L'espècie més important a veterinària és *Malassezia pachydermatis* que està associada a casos d'otitis i dermatitis en gossos principalment. Les cèl·lules presenten un coll de gemmació ample i semblen petjades quan les observem al microscopi.

A l'home hi ha diferents espècies que poden produir una micosi superficial freqüent que s'anomena pityriasis versicolor, com per exemple *Malassezia globosa*.

Podeu trobar més informació sobre aquests llevats a <https://www.aemicol.com/malassezia-pachydermatis-ser-o-no-ser-lipodependiente-f-javier-cabanes/> i <https://www.aemicol.com/diagnostico-dermatitis-otitis-malassezia-perros-y-gatos/>

6. Malalties produïdes pels fongs.

Bàsicament hi ha tres tipus de malalties causades pels fongs, les micosis, les micotoxicosis i les al·lèrgies. Aquestes últimes estan relacionades amb la sensibilització a diferents antígens fúngics, produït per exemple rinitis o asma. Comentarem breument les dues primeres.

6.1. Micosis

Les micosis són malalties degudes a la infecció per fongs. Com patògens primaris hi ha al voltant d'unes 200 espècies. No obstant, també s'han de tenir en compte els patògens oportunistes, que són molt més nombrosos. Clínicament, les micosis es solen dividir en micosis superficials, o també anomenades cutànies, micosis subcutànies i micosis profundes, entre les que s'inclouen les anomenades invasores i sistèmiques.

Le micosis superficials, solen afectar la part més externa de la pell o les mucoses. S'inclouen en aquesta categoria les otitis externes i dermatitis per *M. pachydermatis*, les queratitis per *Fusarium* o *Candida* i les dermatofitosis, entre d'altres. A les micosis subcutànies, el fong travessa la pell per implantació traumàtica i sol créixer en teixit subcutani i múscul. En general, les lesions són localitzades i cròniques. En aquest tipus s'inclouen les esporotricosis.

Finalment, dins el grup de les micosis profundes, el fong causal sol entrar per diverses vies, com la respiratòria, la cutània o la digestiva, arribant a envair diferents teixits i òrgans del cos. Com exemples de patògens primaris podem destacar diverses espècies de fongs dimorfs dels gèneres *Histoplasma*,

Blastomyces, *Coccidioides* i *Paracoccidioides* que causen micosis primàries o endèmiques, no freqüents en les nostres latituds.

Podeu trobar més informació sobre aquestes micosis endèmiques a:

<https://www.aemicol.com/aumenta-el-numero-de-especies-causantes-de-blastomicosis/>

<https://www.aemicol.com/lobomicosis-paracoccidioidomicosis-se-vuelven-a-encontrar/>

<https://www.aemicol.com/linfangitis-epizootica-enfermedad-desatendida-equidos-trabajo/>

<https://www.aemicol.com/dos-casos-atipicos-de-histoplasmosis-en-perros-y-gatos/>

Les micosis profundes també poden ser produïdes per patògens oportunistes com diferents espècies de *Aspergillus*, *Candida* i *Cryptococcus*, entre d'altres, que són més freqüents en les nostres latituds. Per poder diagnosticar una micosi, a més de realitzar el diagnòstic clínic, cal també realitzar el diagnòstic laboratorial, i per tant detectar el fong en els teixits i aïllar l'agent causal.

Pregunta 10. *Després de veure els diferents tipus de micosis, quines creus que seran els tipus de mostres que arribarien al laboratori?*

Pregunta 11. *Què faries amb la mostra un cop arribada al laboratori? Quin processat creus que s'hauria de dur a terme?*

6.2. Micotoxicosis.

Es tracta d'intoxicacions produïdes pel consum d'aliments que contenen micotoxines. Poden afectar tant als humans com als animals. Pot ser una malaltia aguda que pot arribar provocar la mort, o bé pot ser crònica, normalment en funció de la quantitat de micotoxina ingerida i de com hagi afectat l'organisme. Els animals més joves solen ser més sensibles que els adults. En alguns casos es relacionen amb càncer.

Pregunta 12. *Quina és la principal diferència entre una micosi i una micotoxicosi?*

Les micotoxines són metabòlits secundaris tòxics elaborats per diferents espècies de fongs miceliars i que s'excreten a l'exterior acumulant-se en el substrat on està creixent el fong. En aquests casos són els aliments o matèries primeres les que poden contenir aquests compostos tòxics. Les micotoxines afecten, en general, un òrgan diana, com el fetge, els ronyons, el sistema nerviós central, el tracte

alimentari o l'aparell reproductor. També cal dir, que algunes micotoxines són carcinògenes, mutàgenes, teratògenes i immunosupressores. Tot i així, les micotoxicosis són difícils de diagnosticar, ja que en moltes ocasions la simptomatologia és inespecífica. A més a més, sovint no és fàcil trobar la micotoxina en l'aliment, ja que normalment la seva distribució en el substrat no és homogènia. De vegades tampoc és fàcil trobar el fong productor, ja que aquest pot ser que ja no sigui viable en l'aliment.

Pregunta 13. *Quins creus que són els principals aliments o matèries primeres on es poden acumular micotoxines?*

S'han descrit més de 300 tipus de micotoxines, i pertanyen a famílies químiques molt variades. Normalment es tracta de compostos orgànics amb baix pes molecular. Una de les característiques més importants és que són compostos termoestables, això fa doncs que no puguin ser destruïdes per processos d'escalfament als quals es sotmeten molts aliments. També cal remarcar que es solen acumular en els teixits i òrgans dels animals, i poden passar als humans, si aquests animals es destinen a la producció d'aliments.

Ja hem comentat que hi ha diverses espècies de fongs miceliars que són micotoxígenes. Tot i així, no sempre totes les soques d'una espècie tenen aquesta capacitat. Per una altra banda, una mateixa micotoxina pot ser elaborada per espècies que pertanyen a diferents gèneres fúngics i una mateixa espècie pot elaborar més d'una micotoxina.

Les principals espècies fúngiques micotoxígenes estan incloses en els gèneres *Aspergillus*, *Fusarium* i *Penicillium*. Aquestes tenen abundant esporulació, són ubiques, les espores poden sobreviure en diferents condicions ambientals i per aquests motius fa que la seva distribució sigui fàcil i es trobin en moltes latituds.

A la Unió Europea s'han anat posant uns límits màxims permesos en determinats aliments per les principals micotoxines, com ara les aflatoxines, la ocratoxina A, les fumonisines, els tricotecens i la zearalenona, entre d'altres. Aquesta reglamentació afecta a aliments per consum humà i també en alguns casos als pinsos. Un altre punt a remarcar d'aquestes micotoxines, és que la quantitat necessària per produir una micotoxicosi és molt baixa. Per aquest motiu aquestes reglamentacions normalment tenen uns màxims permesos de ppm o ppb, és a dir de parts per milió o parts per bilió. Per tant, estem parlant de µg/g o µg/Kg.

Les aflatoxines afecten principalment al fetge i poden produir càncer. Les espècies més importants productores d'aquestes micotoxines són *Aspergillus flavus* i *Aspergillus parasiticus* que contaminen freqüentment blat de moro, fruits secs, fruita dessecada i espècies. La ocratoxina A afecta principalment al ronyó i pot ser produïda per diferents espècies del gènere *Aspergillus*, com *A. ochraceus*, *A. niger*, *A. carbonarius* o *A. westerjordikiae*, i per *Penicillium verrucosum* i *Penicillium nordicum*, en un ventall molt variat d'aliments i begudes, com els cereals, les espècies, el vi o la cervesa. Els tricotecens, les fumonisines i la zearalenona són produïdes principalment per diferents espècies de *Fusarium* en els cereals. Causen diversos efectes en els animals de producció com vòmits, rebuig del pinso, hemorràgies, avortaments, entre molts d'altres. També és destacable la contaminació de determinats cereals, principalment el sègol, per alcaloides de l'ergot o banya del sègol, elaborats per

Claviceps purpurea. La malaltia s'anomena ergotisme i els afectats poden presentar al·lucinacions, convulsions i gangrena.

7. Paper beneficiós dels fongs.

Finalment, cal parlar també de la part beneficiosa i útil que tenen alguns fongs. Com ja hem comentat a l'inici d'aquest bloc, els fongs tenen una important participació en la degradació de la matèria orgànica. Alguns tenen interès directament com aliments, com és el cas dels bolets comestibles. Es poden obtenir per recol·lecció o per cultiu, com els xampinyons, el rovellons o les tòfones. Algunes espècies elaboren metabòlits secundaris que s'aprofiten en la indústria farmacèutica, com els antibiòtics, la penicil·lina i les cefalosporines i els antifúngics. Altres s'utilitzen a la indústria alimentària ja que elaboren compostos com ara enzims, àcid cítric, que s'addicionen en molts aliments i begudes.

Com ja hem comentat també hi ha espècies que s'utilitzen per la capacitat de formar productes de les fermentacions que serveixen per obtenir alguns aliments. Entre elles destaquem algunes espècies de llevats, com *Saccharomyces cerevisiae*, en la obtenció de pa i derivats, o begudes com la cervesa o el vi. Altres s'utilitzen per obtenir formatges, com *Penicillium camemberti* i *Penicillium roqueforti*. En països asiàtics també hi ha diferents espècies fúngiques que s'utilitzen per elaborar aliments i begudes a base de soja o d'arròs.

Bibliografia

Libres de consulta:

Per poder consultar aquest llibres des de casa podeu utilitzar el servei ARE. El servei ARE permet accedir des de qualsevol dispositiu amb connexió a internet situat fora de la UAB als recursos electrònics subscrits:

<https://www.uab.cat/web/que-oferim/acces-als-recursos-electronics-des-de-fora-de-la-uab-1345727672556.html>

Llibre 1: Willey JM, Sandman KM, Wood D. 2020. 11a ed. "Prescott's Microbiology". McGraw-Hill Higher Education.

https://www.ingebook-com.are.uab.cat/ib/NPcd/IB_Escritorio_Visualizar?cod_primaria=1000193&libro=11835

Llibre 2: Madigan MT, Martinko JM, Dunlap PV, Clark DP. 2015. 14a ed. "Brock Biología de los microorganismos". Pearson Educación, S.A. **Capítol principal: 8 i 9.**

https://www.ingebook-com.are.uab.cat/ib/NPcd/IB_BooksVis?cod_primaria=1000187&codigo_libro=5850

Llibre 3:

Quinn PJ et al. 2015. 2nd Edition "Concise Review of Veterinary Microbiology". Wiley-Blackwell.

<https://ebookcentral-proquest-com.are.uab.cat/lib/uab/detail.action?pq-origsite=primo&docID=7104092>

Exemples de preguntes tipus test

- Els fongs que presenten cicles de reproducció asexual i sexual s'anomenen dimorfs.
- Entre els fongs dermatòfits podem destacar els que pertanyen al gènere *Mucor*.
- *Cryptococcus neoformans* és un llevat capsulat que pot causar micosis subcutànies i sistèmiques.
- Les aflatoxines i l'ocratoxina A són micotoxines produïdes per espècies del gènere *Aspergillus*.

- Entre les característiques diferencials dels fongs podem destacar que no són:
A) Eucariotes B) Fotosintètics C) Miceliars D) Unicel·lulars

- De les següents estructures de reproducció, no són meïospores:
I) Ascòspores II) Basidiòspores III) Esporangióspores IV) Zigòspores
A) Només III B) Només IV C) I, II i IV D) Cap de les anteriors

- Quin dels següents gèneres és un llevat:
A) *Aspergillus* B) *Malassezia* C) *Penicillium* D) *Trichophyton*

- Les anomenades dermatofitosis:
A) Són micosis superficials o cutànies B) Afecten a teixits queratinitzats
C) Són contagioses D) Totes les anteriors