



Universidad[®]
Católica
de Manizales

VIGILADA MINEDUCACIÓN

MICOLOGÍA GENERAL

GLORIA INÉS ESTRADA SALAZAR

MARTHA CECILIA RAMÍREZ GALEANO

CATALOGACIÓN EN LA PUBLICACIÓN

Estrada Salazar, Gloria Inés

Micología general / Gloria Inés Estrada Salazar, Martha Cecilia Ramírez Galeano.

Manizales: Centro Editorial Universidad Católica de Manizales, 2019

345 páginas: ilustrado

Incluye referencias bibliográficas

Incluye glosario

ISBN 978-958-52337-1-3

1. Micología – Historia
2. Hongos
3. Hongos demartofitos
4. Hongos contaminantes
5. Hongos biocontroladores

CDD 616.96901

BIBLIOTECA UCM

MICOLOGÍA GENERAL

Autores

Gloria Inés Estrada Salazar · Martha Cecilia Ramírez Galeano

ISBN: 978-958-52337-1-3

Marzo de 2019

Copyright©

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE MANIZALES

Editor: Cárol Castaño Trujillo

Corrección de estilo: Centro Editorial UCM

Diseño: Unidad de Marca UCM

Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida, almacenada en sistema recuperable o transmitida en ninguna forma por medios electrónico, mecánico, fotocopia, grabación u otros, sin la previa autorización por escrito del Centro Editorial Universidad Católica de Manizales y de los autores. Los conceptos expresados de este documento son responsabilidad exclusiva de los autores y no necesariamente corresponden con los de la Universidad Católica de Manizales y da cumplimiento al Depósito Legal según lo establecido en la Ley 44 de 1993, los Decretos 460 del 16 de marzo de 1995, el 2150 de 1995, el 358 de 2000 y la Ley 1379 de 2010.

©Centro Editorial Universidad Católica de Manizales

Carrera 23 No. 60-63

<http://www.ucm.edu.co/centro-editorial/>

centroeditorialucm@ucm.edu.co

Manizales - Caldas

Hecho en Manizales, Caldas · Colombia

Agradecimientos

Las autoras expresan su gratitud a la Universidad Católica de Manizales y al programa de Bacteriología, por la oportunidad dada para construir este libro donde se plasma el esfuerzo para aportar una importante experiencia en la elaboración de material de apoyo para bien de la comunidad académica. También agradecen a las instituciones y autores en cuyas evidencias gráficas y textuales se basa el libro.

Contenido

Presentación **16**

Unidad 1. Generalidades **18**

| | |
|--|-----|
| 1.1 Micología | 19 |
| 1.1.1 Historia de la micología | 19 |
| 1.2 Hongos | 36 |
| 1.2.1 Características de los hongos | 37 |
| 1.2.2 Mecanismo de acción de los hongos | 39 |
| 1.2.3 Morfología de los hongos | 40 |
| 1.2.3.1 <i>Hongos filamentosos o mohos</i> | 40 |
| 1.2.3.2 <i>Hongos levaduriformes</i> | 41 |
| 1.2.3.3 <i>Transformaciones del micelio</i> | 42 |
| 1.2.4 Reproducción de los hongos | 49 |
| 1.2.4.1 <i>Reproducción asexual de los hongos</i> | 49 |
| 1.2.4.1.1 <i>Formas más comunes de reproducción asexual</i> | 50 |
| 1.2.4.2 <i>Reproducción sexual de los hongos</i> | 56 |
| 1.2.4.3 <i>Necesidades fisiológicas de los hongos</i> | 61 |
| 1.2.5 Factores ambientales que influyen en el crecimiento de los hongos | 63 |
| 1.2.6 Nutrición y crecimiento de los hongos | 65 |
| 1.2.7 Clasificación de los hongos | 72 |
| 1.2.8 Aislamiento de hongos | 77 |
| 1.2.8.1 <i>Aislamiento de hongos de muestras clínicas</i> | 77 |
| 1.2.8.2 <i>Aislamiento de hongos de muestras vegetales</i> | 80 |
| 1.2.8.3 <i>Inducción a la esporulación para recuperar hongos de tejido vegetal</i> | 85 |
| 1.2.8.4 <i>Aislamiento de hongos de suelo</i> | 86 |
| 1.2.8.5 <i>Trampas o cebos para recuperar hongos del suelo</i> | 89 |
| 1.2.9 Determinación de características morfológicas de hongos recuperados de diferentes muestras | 93 |
| 1.2.10 Microcultivos de hongos | 101 |
| 1.2.11 Cultivos de hongos recuperados | 108 |
| 1.2.12 Parásito, patogenicidad y parasitismo de hongos en plantas | 110 |
| 1.2.12.1 <i>Pruebas de patogenicidad</i> | 110 |
| 1.2.13 Inoculación del hongo patógeno en tejido vegetal sano | 112 |
| 1.2.14 Mecanismos de infección de hongos fitopatógenos | 113 |
| 1.2.15 Variabilidad de los hongos fitopatógenos | 115 |
| 1.2.16 Identificación de hongos fitopatógenos | 115 |
| 1.2.16.1 <i>Identificación de hongos filamentosos</i> | 116 |
| 1.2.16.2 <i>Identificación de hongos levaduriformes</i> | 116 |
| 1.2.16.3 <i>Auxonograma</i> | 117 |
| 1.2.16.4 <i>Zimograma</i> | 118 |

| | | |
|------------------|---|------------|
| 1.2.16.5 | Sistemas semiautomáticos para la identificación de hongos levaduriformes | 118 |
| 1.2.16.6 | Sistemas automáticos para la identificación de hongos levaduriformes | 119 |
| 1.2.16.7 | Sistemas rápidos para la identificación de hongos levaduriformes | 120 |
| 1.2.17 | Mantenimiento y preservación de hongos | 120 |
| 1.2.17.1 | Principio que sustenta la preservación de microorganismos | 121 |
| 1.2.17.2 | Congelación | 121 |
| 1.2.17.3 | Liofilización | 122 |
| 1.2.17.4 | Sustancias crioprotectoras o criopreservantes | 122 |
| 1.2.17.5 | Glicerol | 123 |
| 1.2.17.6 | Preservación de hongos en glicerol al 10% y a temperatura de congelación | 123 |
| 1.2.17.7 | Transferencia periódica o subcultivo | 124 |
| 1.2.17.8 | Suspensión en agua destilada o en agua de mar estéril | 124 |
| 1.2.17.9 | Desecación sobre sustratos inertes | 125 |
| 1.2.17.10 | Desecación en papel de filtro | 125 |
| 1.2.18 | Viabilidad de los hongos preservados | 125 |
| 1.2.18.1 | Recuento de colonias | 125 |
| 1.2.18.2 | Determinación de viabilidad con azul de tripano | 126 |
| 1.2.18.3 | Germinación de esporas del hongo | 128 |
| 1.2.19 | Medios de cultivos sintéticos para hongos | 131 |

Unidad 2. Hongos de importancia clínica

136

| | | |
|-----------------|---|------------|
| 2.1 | Hongos dermatofitos | 138 |
| 2.1.1 | Clasificación de hongos dermatofitos | 139 |
| 2.1.2 | Dermatofitosis | 141 |
| 2.1.3 | Aislamiento, identificación y clasificación de hongos dermatofitos | 142 |
| 2.1.3.1 | Muestras para aislar hongos dermatofitos | 142 |
| 2.1.3.2 | Aislamiento de hongos dermatofitos | 143 |
| 2.1.3.3 | Identificación morfológica de hongos dermatofitos | 143 |
| 2.1.3.4 | Identificación de dermatofitos mediante técnicas adicionales | 144 |
| 2.1.3.5 | Patogenia | 145 |
| 2.1.3.6 | Manifestaciones clínicas | 146 |
| 2.1.3.7 | Tinea capitis | 146 |
| 2.1.3.8 | No inflamatorias | 147 |
| 2.1.3.9 | Inflamatorias | 147 |
| 2.1.3.10 | Tiña fávica | 147 |
| 2.1.3.11 | Tinea corporis | 148 |
| 2.1.4 | Género <i>trichophyton</i> | 149 |
| 2.1.5 | Género <i>microsporum</i> | 161 |
| 2.1.6 | Género <i>epidermophyton</i> | 177 |
| 2.1.7 | Género <i>keratinomyces</i> | 179 |

| | |
|---|-----|
| 2.1.8 Hongos que producen micosis superficiales | 183 |
| 2.1.9 Hongos que producen micosis subcutáneas | 188 |
| 2.1.10 Hongos que producen micosis sistémicas | 200 |
| 2.1.10.1 <i>Coccidioidomycosis</i> | 201 |
| 2.1.10.2 <i>Histoplasmosis</i> | 201 |
| 2.1.10.3 <i>Paracoccidioidomycosis</i> | 201 |
| 2.1.10.4 <i>Blastomycosis</i> | 201 |
| 2.1.10.5 <i>Muestras clínicas de micosis sistémicas</i> | 201 |

Unidad 3. Hongos contaminantes 209

| | |
|---|-----|
| 3.1 Hongos contaminantes filamentosos | 210 |
| 3.2 Hongos contaminantes levaduriformes | 211 |
| 3.3 Otros hongos contaminantes | 222 |
| 3.4. Antifúngicos | 223 |

Unidad 4. Hongos de importancia fitopatológica 226

| | |
|--|-----|
| 4.1 Hongos fitopatógenos | 227 |
| 4.2 Enfermedades producidas por hongos en plantas | 227 |
| 4.3 Consecuencia de las enfermedades causadas por hongos fitopatógenos | 228 |
| 4.4 Síntomas de enfermedades causadas por hongos en plantas | 228 |
| 4.5 Diagnóstico de enfermedades en plantas | 236 |
| 4.6 Hongos fitopatógenos inferiores | 237 |
| 4.7 Hongos fitopatógenos superiores | 246 |

Unidad 5. Hongos biocontroladores 263

| | |
|--|-----|
| 5.1 Control biológico | 264 |
| 5.2 Controladores biológicos | 265 |
| 5.3 Tipos de control biológico | 265 |
| 5.4 Hongos como agentes de control biológico | 265 |
| 5.4.1 Hongos depredadores | 266 |
| 5.4.2 Hongos parasíticos | 266 |
| 5.4.3 Hongos antagonísticos | 266 |
| 5.5 Hongos parásitos de insectos | 266 |
| 5.6 Hongos entomopatógenos | 266 |
| 5.6.1 Mecanismo de infección de los hongos entomopatógenos | 267 |
| 5.6.2 Ventajas del uso de hongos entomopatógenos | 268 |
| 5.6.3 Desventajas del uso de hongos entomopatógenos | 269 |

Unidad 6. Hongos de importancia industrial **277**

Glosario **290**

Referencias **305**

Figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1. Soma de los hongos | 41 |
| Figura 2. Hongo en forma de plasmodio | 42 |
| Figura 3. Tejido prosénquima de algunos hongos | 43 |
| Figura 4. Tejido pseudoparénquima de algunos hongos | 43 |
| Figura 5. Haustorios | 44 |
| Figura 6. Rizomorfos | 44 |
| Figura 7. Formación de conidias | 45 |
| Figura 8. Formación de esporangios | 46 |
| Figura 9. Esporodoquio | 46 |
| Figura 10. Rizoides | 47 |
| Figura 11. Picnidio | 47 |
| Figura 12. Acérvulo | 48 |
| Figura 13. Clamidospora | 48 |
| Figura 14. Esclerocios | 49 |
| Figura 15. Esporangióforo y esporangiosporas | 50 |
| Figura 16. Conidióforo y conidias | 51 |
| Figura 17. Artroconidias o artrosporas | 51 |
| Figura 18. Clamidosporas o clamiconidias | 52 |
| Figura 19. Levaduras en gemación | 52 |
| Figura 20. Blastosporas | 53 |
| Figura 21. Simpodulosporas | 53 |
| Figura 22. Fialosporas | 54 |
| Figura 23. Anelospora | 54 |
| Figura 24. Porosporas | 55 |
| Figura 25. Aleurioconidio | 55 |
| Figura 26. Reproducción sexual de los hongos | 58 |
| Figura 27. Oospora estructura de origen sexual de algunos hongos | 59 |
| Figura 28. Zygospora, estructura de origen sexual de algunos hongos | 59 |
| Figura 29. Ascostromas | 60 |
| Figura 30. Cleistotecio | 60 |

| | |
|---|-----|
| Figura 31. Peritecio | 60 |
| Figura 32. Apotecio | 61 |
| Figura 33. Basidio y basidiosporas | 61 |
| Figura 34. Fases de desarrollo de un microorganismo | 66 |
| Figura 35. Recuento de células con hemocitómetro o cámara de Neubauer | 68 |
| Figura 36. Cámara de Neubauer o hemocitómetro | 69 |
| Figura 37. Determinación de la biomasa del hongo | 71 |
| Figura 38. Medición del crecimiento del hongo en caja de Petri | 72 |
| Figura 39. Diferentes formas de esporas | 76 |
| Figura 40. Toma de muestra y contenedor adecuado para recogerla | 78 |
| Figura 41. Contenedores para recolectar muestras | 79 |
| Figura 42. Siembra de muestras para el aislamiento de hongos | 80 |
| Figura 43. Cámaras húmedas con muestras vegetales | 81 |
| Figura 44. Aislamiento de hongos de síntomas de muestras de tejido vegetal | 82 |
| Figura 45. Aislamiento de hongos de signos de muestras de tejido vegetal | 84 |
| Figura 46. Trampa para inducir la descarga de ascosporas | 85 |
| Figura 47. Aislamiento de hongos de suelo | 87 |
| Figura 48. Siembra directa de suelo para aislar hongos fitopatógenos | 88 |
| Figura 49. Método para aislar hongos del suelo con porta-objetos impregnados de agar agua | 90 |
| Figura 50. Trampas o cebos con medios de cultivo sintéticos para aislar hongos del suelo | 92 |
| Figura 51. Características macroscópicas de cultivos de hongos | 93 |
| Figura 52. Placa con azul de lactofenol, utilizando estilete | 96 |
| Figura 53. Placa con cinta adhesiva y azul de lactofenol | 98 |
| Figura 54. Realización de placa de tejido vegetal con signos | 99 |
| Figura 55. Algunas morfologías microscópicas de hongos | 100 |
| Figura 56. Microcultivos realizados por punción de cultivo de hongo | 102 |
| Figura 57. Micocultivos realizados a partir de diluciones del hongo | 104 |
| Figura 58. Metodología a tener en cuenta para leer un microcultivo realizado con dilución del hongo | 107 |
| Figura 59. Dispositivo para ajustar al objetivo 10X del microscopio | 109 |
| Figura 60. Pruebas de patogenicidad con hongos fitopatógenos | 111 |
| Figura 61. Inoculación de tejido vegetal | 112 |
| Figura 62. Siembra del hongo a partir de signos presentes en el tejido vegetal | 113 |
| Figura 63. Tubo germinativo con apresorio | 114 |
| Figura 64. Mantenimiento y preservación de hongos | 124 |
| Figura 65. Recuento de colonias | 126 |
| Figura 66. Determinación de la viabilidad del hongo con azul de tripano | 127 |
| Figura 67. Procedimiento para determinar el porcentaje de esporas del hongo | 128 |
| Figura 68. Géneros y especies de hongos dermatofitos | 140 |
| Figura 69. <i>Trichophyton spp.</i> | 151 |
| Figura 70. <i>Trichophyton mentagrophytes</i> | 152 |
| Figura 71. <i>Trichophyton rubrum</i> | 153 |

| | |
|--|-----|
| Figura 72. <i>Trichophyton schoenleinii</i> | 154 |
| Figura 73. <i>Trichophyton verrucosum</i> | 155 |
| Figura 74. <i>Trichophyton tonsurans</i> | 156 |
| Figura 75. <i>Trichophyton equinum</i> | 157 |
| Figura 76. <i>Trichophyton violaceum</i> | 158 |
| Figura 77. <i>Trichophyton concentricum</i> | 159 |
| Figura 78. <i>Microsporum spp.</i> | 163 |
| Figura 79. <i>Microsporum canis</i> | 164 |
| Figura 80. <i>Microsporum gypseum</i> | 165 |
| Figura 81. <i>Microsporum audouinii</i> | 166 |
| Figura 82. <i>Microsporum fulvum</i> | 167 |
| Figura 83. <i>Microsporum ferrugineum</i> | 168 |
| Figura 84. <i>Microsporum nanum</i> | 169 |
| Figura 85. <i>Microsporum vanbreuseghemii</i> | 170 |
| Figura 86. <i>Microsporum distortum</i> | 171 |
| Figura 87. <i>Microsporum persicolor</i> | 172 |
| Figura 88. <i>Microsporum praexco</i> | 173 |
| Figura 89. <i>Microsporum racemosum</i> | 174 |
| Figura 90. <i>Microsporum cookei</i> | 175 |
| Figura 91. <i>Microsporum gallinae</i> | 176 |
| Figura 92. <i>Epidermophyton</i> | 177 |
| Figura 93. <i>Epidermophyton floccosum</i> | 178 |
| Figura 94. <i>Epidermophyton stockdaleae</i> | 179 |
| Figura 95. <i>Keratinomyces</i> | 181 |
| Figura 96. <i>Keratinomyces ajelloi</i> | 182 |
| Figura 97. Complejo <i>Malassezia</i> | 184 |
| Figura 98. <i>Malassezia furfur</i> | 185 |
| Figura 99. <i>Hortaea werneckii</i> | 186 |
| Figura 100. <i>Trichosporon beigelli</i> | 187 |
| Figura 101. <i>Micetomas</i> | 188 |
| Figura 102. <i>Cromoblastomycosis</i> | 189 |
| Figura 103. Complejo <i>Sporothrix shenckii</i> | 190 |
| Figura 104. <i>Sporothrix shenckii</i> | 191 |
| Figura 105. <i>Feohifomicetos - Hialohifomicetos</i> | 192 |
| Figura 106. <i>Madurella mycetomatis</i> | 193 |
| Figura 107. <i>Cladosporium carrioni</i> | 194 |
| Figura 108. <i>Curvularia lunata</i> | 195 |
| Figura 109. <i>Fusarium verticillioides</i> | 196 |
| Figura 110. <i>Fonseca pedrosoi</i> | 197 |
| Figura 111. <i>Lacazia loboi</i> | 199 |
| Figura 112. Hongos que producen micosis sistémicas | 204 |
| Figura 113. <i>Blastomyces dermatitidis</i> | 205 |

| | |
|---|------|
| Figura 114. <i>Coccidioides immitides</i> | 206 |
| Figura 115. <i>Histoplasma capsulatum</i> | 207 |
| Figura 116. <i>Paracoccidioides brasiliensis</i> | 208 |
| Figura 117. Hongos filamentosos contaminantes | 212 |
| Figura 118. <i>Absidia spp.</i> | 213 |
| Figura 119. <i>Rhizomucor pusillus</i> | 214 |
| Figura 120. <i>Mucor spp.</i> | 215 |
| Figura 121. <i>Rhizopus oryzae</i> | 216 |
| Figura 122. <i>Aspergillus spp.</i> | 217 |
| Figura 123. Hongos levaduriformes contaminantes | 218 |
| Figura 124. <i>Candida spp.</i> | 219 |
| Figura 125. <i>Rhodotorula glutinis.</i> | 220 |
| Figura 126. <i>Cryptococcus neoformans</i> | 221 |
| Figura 127. Enfermedades producidas por los hongos en plantas | 234 |
| Figura 128. Hongos fitopatógenos inferiores | 240 |
| Figura 129. <i>Phytophthora spp.</i> | 241 |
| Figura 130. <i>Pythium spp.</i> | 242 |
| Figura 131. <i>Peronospora spp.</i> | 243 |
| Figura 132. <i>Mucor spp.</i> | 244 |
| Figura 133. <i>Rhizopus spp.</i> | 245 |
| Figura 134. Etapa sexual y asexual de los hongos ascomicetos | 246 |
| Figura 135. Hongos fitopatógenos superiores | 250 |
| Figura 136. <i>Venturia spp.</i> | 251 |
| Figura 137. <i>Alternaria spp.</i> | 252. |
| Figura 138. <i>Aspergillus spp.</i> | 253 |
| Figura 139. <i>Colletotrichum spp.</i> | 254 |
| Figura 140. <i>Fusarium spp.</i> | 255 |
| Figura 141. <i>Geotrichum spp.</i> | 256 |
| Figura 142. <i>Penicillium spp.</i> | 257 |
| Figura 143. <i>Cladosporium spp.</i> | 258 |
| Figura 144. <i>Thielaviopsis spp.</i> | 259 |
| Figura 145. <i>Trichoderma spp.</i> | 260 |
| Figura 146. <i>Uromyces spp.</i> | 261 |
| Figura 147. <i>Hemileia spp.</i> | 262 |
| Figura 148. Hongos entomopatógenos | 270 |
| Figura 149. <i>Beauveria spp.</i> | 271 |
| Figura 150. <i>Metharizium spp.</i> | 272 |
| Figura 151. <i>Paecilomyces spp.</i> | 273 |
| Figura 152. <i>Verticillium spp.</i> | 274 |
| Figura 153. <i>Entomophthora spp.</i> | 275 |
| Figura 154. <i>Trichoderma spp.</i> | 276 |
| Figura 155. Hongos de importancia industrial | 279 |

| | |
|--|-----|
| Figura 156. <i>Sacharomyces cerevisiae</i> | 280 |
| Figura 157. <i>Penicillium roquefortii</i> | 281 |
| Figura 158. <i>Geotrichum candidum</i> | 282 |
| Figura 159. <i>Ashbya gossypii</i> | 283 |
| Figura 160. <i>Penicillium notatum</i> | 284 |
| Figura 161. <i>Penicillium chrysogenum</i> | 285 |
| Figura 162. <i>Cephalosporium acremonium</i> | 286 |
| Figura 163. <i>Yarrowia lipolytica</i> | 287 |
| Figura 164. <i>Pleurotus ostreatus</i> | 288 |
| Figura 165. <i>Lactarius indigo</i> | 289 |

Tablas

| | |
|---|-----|
| Tabla 1. Aportes a la historia de la micología | 20 |
| Tabla 2. Categoría de los hongos dependiendo de la reproducción sexual | 57 |
| Tabla 3. Clasificación de los hongos | 74 |
| Tabla 4. Algunos medios de cultivos sintéticos utilizados para hongos | 132 |
| Tabla 5. Clasificación de hongos dermatofitos de acuerdo a su nicho ecológico | 140 |
| Tabla 6. Especies del género <i>Trichophyton</i> | 150 |
| Tabla 7. Especies de <i>Trichophyton</i> poco frecuentes y algunas no patógenas | 160 |
| Tabla 8. Especies de <i>Microsporum</i> | 162 |
| Tabla 9. Familias de antifúngicos | 224 |
| Tabla 10. Principales enfermedades que causan los hongos fitopatógenos inferiores y superiores | 229 |
| Tabla 11. Enfermedades producidas por diferentes géneros y especies de hongos fitopatógenos | 229 |
| Tabla 12. Características morfológicas (características microscópicas) de algunos hongos fitopatógenos inferiores | 238 |
| Tabla 13. Características morfológicas (características microscópicas) de algunos hongos fitopatógenos superiores | 248 |

Presentación

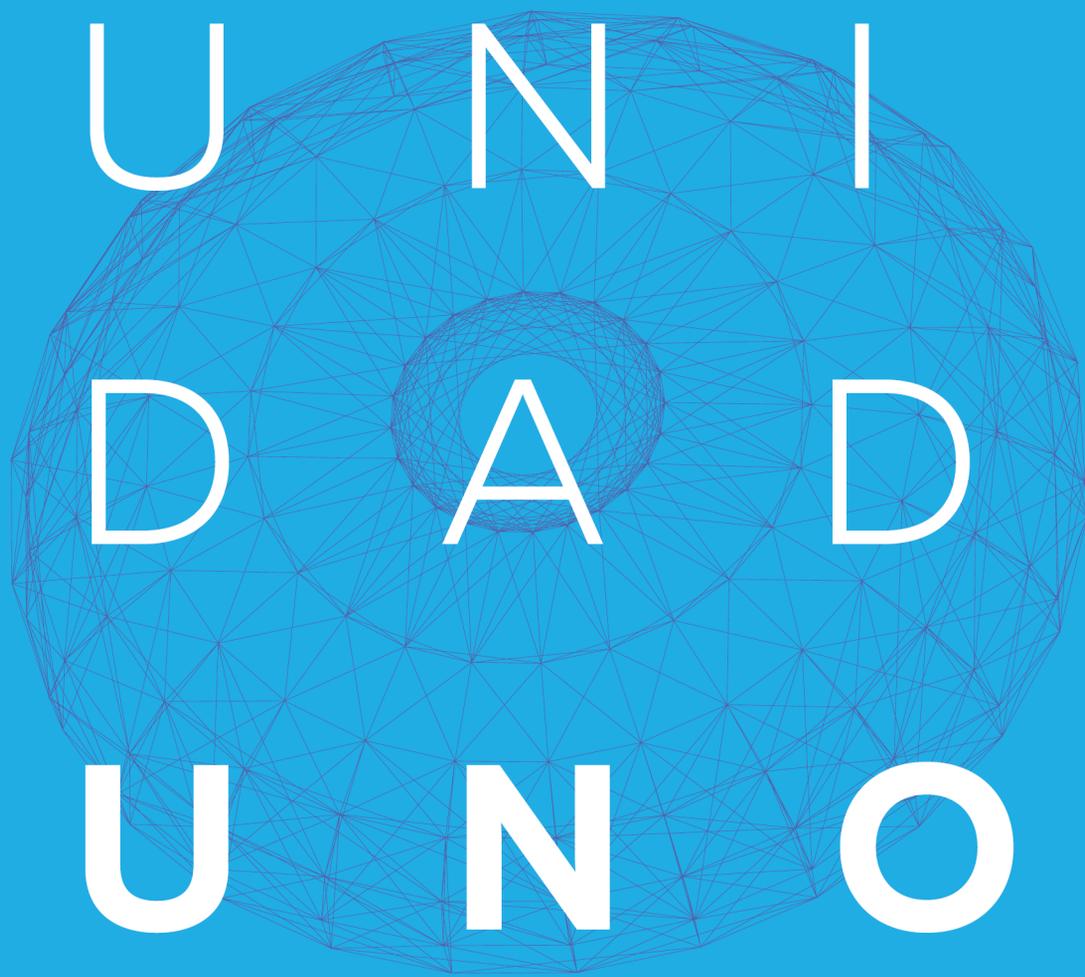
El Programa de Bacteriología de la Universidad Católica de Manizales entrega esta obra al mundo académico con el propósito de comunicar en un lenguaje y esquemas sencillos los vínculos establecidos entre los hongos y el medio ambiente, para que sirva como estrategia didáctica en el enriquecimiento de la formación e información sobre estos microorganismos y propicie el fortalecimiento de las habilidades científicas y el trabajo en el laboratorio.

Esta obra plasma en seis unidades una gama de patologías a nivel clínico y vegetal, que incluye los hongos contaminantes, los utilizados para el control de plagas, de insectos, y a nivel industrial, que conforman un mundo complejo en lo morfológico, metabólico y funcional. En la primera unidad se presentan las generalidades de los hongos, su estructura, fisiología, reproducción, morfología, técnicas y tinciones, preservación, viabilidad y medios de cultivo, complementadas con ilustraciones, lo que permite la fácil interpretación de los conceptos. En las demás unidades la información en general se presenta en forma de diagramas e ilustraciones para facilitar la comprensión del conocimiento por parte del lector.

En la segunda unidad se abordan los hongos patógenos de importancia clínica, que incluyen hongos dermatofitos, hongos relacionados con micosis subcutáneas y micosis sistémicas; en la tercera unidad se trabajan hongos contaminantes; en la cuarta unidad los hongos patógenos de importancia fitopatológica, la quinta unidad trata de hongos biocontroladores, en la sexta unidad se abordan hongos de importancia industrial y al final se presenta un glosario para el complemento de la información obtenida.

Las autoras hacen una invitación a explorar, analizar, observar, obtener información, evaluar métodos y compartir resultados, para el fortalecimiento del diálogo de saberes basado en el conocimiento de organismos de este reino, como enemigos o aliados en las diferentes relaciones ecológicas y en donde más que generar respuestas, el lector sienta que está interactuando con estos microorganismos de gran importancia en los diferentes tópicos para el bien de la comunidad.

Las autoras.



GENERALIDADES

1.1 Micología

La Micología es el estudio de los hongos; viene de las palabras griegas: mykes = hongo + logos = discurso, etimológicamente, es el estudio de las setas, las cuales se encuentran entre los hongos más grandes, lo que atrajo la atención de los naturalistas antes de que se pensara en microscopios o aún en simples lentes. Con la invención del microscopio por Antonie van Leeuwenhoek, en el siglo XVII, comenzó el estudio sistemático de los hongos. Pero el fundador de la micología es Pier Antonio Micheli (italiano), quien en 1729 publicó *Nova Plantarum*, donde incluyó sus investigaciones sobre los hongos (Alexopoulos, 1979).

1.1.1 Historia de la micología

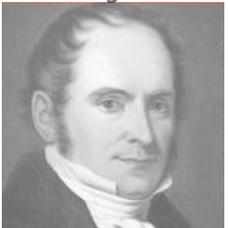
Los primeros escritos sobre la historia de la humanidad dan cuenta que el hombre comenzó a preocuparse por las pérdidas ocurridas en las cosechas por los hongos, lo que repercute en problemas para el bienestar de la sociedad. Debido a las consecuencias devastadoras en los cultivos, hace aproximadamente 300 años se comenzó el estudio de los hongos, cuando investigadores como Mathieu Tillet, determinó mediante estudios experimentales que el hongo que produce el carbón del trigo (*Tilletia caries*), era contagioso; Pier Antonio Micheli determinó que el hongo provenía de estructuras que vienen del mismo hongo (esporas); J.B. Prevosl demostró que la enfermedad de carbón de trigo era producida por un hongo, del cual estudió la germinación y reproducción de las esporas, la influencia de factores ambientales, y la incidencia y control de la enfermedad (Sánchez et al., 2000).

“La micología es la rama de la microbiología que se desarrolló primero” (Arenas, 2011, p. 1) y la historia de la micología médica se inició con Agostino Bassi en 1835, cuando descubrió que la muscardina en el gusano de seda era producida por un hongo (*Beauveria basiana*); estas observaciones fueron confirmadas y publicadas por el francés Víctor Audouin; siguieron una serie de estudios y descubrimientos de diferentes hongos dermatofitos y otros causantes de patologías en el hombre (Arenas, 2011). Algunos aportes de importantes micólogos, a esta ciencia, están relacionados en la Tabla 1.

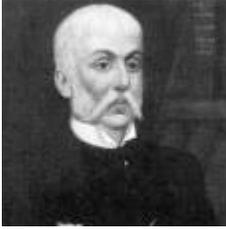
Tabla 1.
Aportes a la historia de la Micología

| Autor | Época, origen y aporte |
|--|--|
| <p data-bbox="338 378 541 396">Nicandro de Colofón</p>  <p data-bbox="289 633 591 651">Fuente: Monzón y Blasco, 1998</p> | <p data-bbox="910 442 1133 460">Grecia (204 - 135 a. C.)</p> <p data-bbox="626 465 1419 515">"Describió detalladamente la sintomatología producida por diversos hongos venenosos" (Monzón y Blasco, 1998).</p> |
| <p data-bbox="343 666 536 684">Aulo Cornelio Celso</p>  <p data-bbox="312 920 568 939">Fuente: De Carvalho, 2012</p> | <p data-bbox="906 702 1136 720">Italia (15 a. C. - 50 d. C.)</p> <p data-bbox="626 729 1419 879">Primer científico en comenzar investigaciones con hongos dermatofitos, trabajó con aspectos clínicos de algunas micosis superficiales; definió por primera vez la candidosis seudomembranosa, a la cual asignó el nombre de "alfa alba", lo cual fue corroborado posteriormente por Galeno; luego reconoció la tiña inflamatoria (querión) y el favus. Describió la condición clínica de porriño, que se conoce hoy como infección tinea capitis tipo favus (Echevarría, 2016).</p> |
| <p data-bbox="338 957 541 1006">Gayo Plinio Segundo "Plinio el viejo"</p>  <p data-bbox="343 1243 536 1261">Fuente: Freixa, 2014</p> | <p data-bbox="930 1030 1113 1048">Italia (23 - 79 d. C.)</p> <p data-bbox="626 1057 1419 1106">Estableció la relación del desarrollo de hongos (trufas) con las lluvias (González, 2002).</p> |
| <p data-bbox="351 1270 526 1288">Andrea Cesalpino</p>  <p data-bbox="327 1525 558 1543">Fuente: Alchetron, 2017</p> | <p data-bbox="930 1370 1113 1388">Italia (1519 - 1603)</p> <p data-bbox="626 1397 1419 1446">Definió los hongos como seres intermedios entre las plantas y los animales (Ibarra, 2009).</p> |

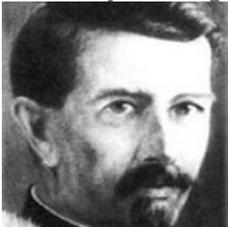
| | |
|---|---|
| <p>Joseph Pitton de Tournefort</p>  <p>Fuente: Arries, 2008</p> | <p>Francia (1656 – 1708)</p> <p>“Observó que el micelio de los hongos se origina de partículas o granos” (Scheinvar, s.f.).</p> |
| <p>Pier Antonio Micheli</p>  <p>Fuente: Carrillo, 2016</p> | <p>Francia (1679 – 1737)</p> <p>Fundó la micología con su libro <i>Nova plantarum genera</i>. Definió los hongos como independientes de las plantas y los animales. Obtuvo hongos por inoculación de esporas en un medio preparado (Ibarra, 2009). A él se le debe el término de <i>Aspergillus</i> (Arenas, 2011).</p> |
| <p>Robert Hooke</p>  <p>Fuente: Azzadís, s.f.</p> | <p>Inglaterra (1635 – 1703)</p> <p>Afirmó que “los hongos eran seres inferiores” (Ibarra, 2009).</p> |
| <p>Ferdinand Von Hebra</p>  <p>Fuente: Arenas, 2011</p> | <p>Suecia (1707 – 1778)</p> <p>“Identificó la tinea cruris debida a <i>Epidermophyton floccosum</i>” (Arenas, 2011, p. 3).</p> |

| | |
|---|--|
| <p>Christiaan Hendrik Persoon</p>  <p>Fuente: Rebollo, s.f.</p> | <p>Sudáfrica (1761 – 1836)</p> <p>Autor de: <i>Observationes mycologiquae</i>, dos volúmenes de <i>Synopsis methodica fungorum</i>, donde inicia la clasificación de Ustilaginales, Uredinales y Gasteromycetes de acuerdo a la nomenclatura binomial. Describió 70 géneros más en micología, lo que lo marca como el padre de la micología (Rebollo, s.f.).</p> |
| <p>Agostino Bassi</p>  <p>Fuente: Universitá de Pavia. (s.f.)</p> | <p>Italia (1773 – 1856)</p> <p>Estudió la muscardina del gusano de seda y determinó que a ésta la producía un hongo (<i>Beauveria bassiana</i>) (Arenas, 2011).</p> |
| <p>Julius Vincenz von Krombholz</p>  <p>Fuente: O'Reilly, 2011</p> | <p>República Checa (1782 – 1843)</p> <p>Realizó numerosos experimentos relacionados con la toxicidad de los hongos y publicó varios trabajos significativos en el tema (O'Reilly, 2011).</p> |
| <p>Elias Magnus Fries</p>  <p>Fuente: Rebollo,s.f.</p> | <p>Suecia (1794 -1878)</p> <p>Desarrolló la sistematización de los hongos en dos volúmenes y publicó <i>Systema mycologicum</i> en tres volúmenes, obra que es referente y punto de partida de la sistemática micológica (Rebollo, s.f.).</p> |

| | |
|---|---|
| <p>David Gruby</p>  <p>Fuente: Sierra, 2016</p> | <p>Hungría (1810 – 1898)</p> <p>Entre sus trabajos se cuenta: el aislamiento del hongo del favus, la reproducción de la enfermedad antes de las formulaciones de Koch; la descripción de la tiña microspórica y el cultivo del <i>Microsporum audouinii</i> (Arenas, 2011).</p> |
| <p>Pehr Henrik Malmsten</p>  <p>Fuente: Anell, 2014</p> | <p>Suecia (1811- 1883)</p> <p>“Describió el género <i>Trichophyton</i> y las especies <i>mentagrophytes</i> y <i>tonsurans</i>” (Echevarría, 2016, p. 23).</p> |
| <p>Robert Erich Remak</p>  <p>Fuente: Grzybowski y Krzysztof, 2013</p> | <p>Alemania (1815 – 1865)</p> <p>“Se inoculó el agente infeccioso del favus para demostrar que era infeccioso” (Echevarría, 2016, p. 23).</p> |
| <p>Carl Ferdinand Eichstedt</p>  <p>Fuente: Brzeziński, 2011</p> | <p>Alemania (1816 – 1892)</p> <p>Encontró el hongo <i>Microsporum furfur</i> en las escamas de pitiriasis versicolor, el cual después fue clasificado en el género <i>Malassezia</i> (Arenas, 2011).</p> |

| | |
|--|--|
| <p>Henry Vandyke Carter</p>  <p>Fuente: Bryden y Hodgson, 2013</p> | <p>Londres (1831 – 1897) Describió y acuñó el término <i>micetoma</i> (Arenas, 2011).</p> |
| <p>Lucien Quélet</p>  <p>Fuente: (Rebollo, s.f.).</p> | <p>Francia (1832-1899) Su primer estudio micológico <i>Les champignons du jura et des vosges</i> aparecido en 1872, seguido por 22 adiciones y 2 ediciones especiales, ilustradas con hermosas láminas; fué el trabajo que le valió la medalla de plata en las sociedades en la Sorbona en 1876. Luego recibió el premio Desmazières, otorgado en 1878. Entre los géneros descritos por Quélet se citan: <i>Caliptela Gyroporus, Leptoporus, Omphalina, Phelinus, Rhodophilus, Sarcodon, Stropharia, Phylloporus, Xerocomus</i>, y son mas de doscientas las especies y subespecies que describió entre las que se encuentran: <i>Agaricus bitorquis, Hydnum repandum</i> variedad, <i>Hygrocybe nigrescens, Lactarius decipiens, Lepiota castanea, R. serotina, R. violacea, Xerocomus rubellus</i>, etc. (Rebollo, s.f.).</p> |
| <p>Pier Andrea Saccardo</p>  <p>Fuente: O'Reilly, 2011</p> | <p>Italia (1845 – 1920) “Publicó <i>Mycologiae Venetae Specimen</i>, en la que describió unas 1200 especies de hongos, de las cuales 52 eran nuevas para la ciencia. Más tarde extendió su cobertura a todas las regiones de Italia y eventualmente a todos los hongos en todo el mundo, una tarea demasiado ambiciosa, pero en la que, a través de la persistencia, el trabajo metódico y la gran atención al detalle, hizo increíbles incursiones durante un período de unos 35 años” (O'Reilly, 2011).</p> |
| <p>Giacomo Bresadola</p>  <p>Fuente: Alchetron, 2017</p> | <p>Italia (1847 – 1929) “Es autor de 1017 especies de hongos y unos 15 géneros en aproximadamente 60 publicaciones, casi todas escritas en latín. Sus colecciones se conservan hoy en varias instituciones. El Museo de historia natural de Estocolmo tiene la mayor colección (unas 30000 especies), aunque partes adicionales de la colección de Bresadola se encuentran en las universidades de Washington, Trent, Uppsala, Leiden y París” (Alchetron, 2017).</p> |

| | |
|---|--|
| <p>Carlos Luis Spegazzini</p>  <p>Fuente: Abrodos, 2015</p> | <p>Italia (1858 - 1926)</p> <p>“Publicó artículos dentro de los Anales de la Sociedad Científica Argentina, describiendo en sus primeros trabajos una especie de hongo (<i>Agaricus platensis</i>). Con el material colectado en una veintena de viajes que realizó Spegazzini por casi todo nuestro territorio y los países vecinos de Brasil, Paraguay, Uruguay, Chile etc., se logró elaborar en el país un muestrario de hongos con más de cuatro mil variantes, lo que lo convirtió en uno de los más representativos, por ello el Tercer Congreso Internacional de Bruselas, celebrado en 1910, lo consideró como uno de los mejores micólogos del mundo y precursor de los estudios botánicos en el Río de La Plata” (Aguilar, 2010).</p> |
| <p>Raymundo García Menocal</p>  <p>Fuente: EcuRed, s.f.</p> | <p>Cuba (1856 - 1917)</p> <p>Se ocupó de una manera intensa de las micosis en Cuba. Fundó la cátedra de Enfermedades de la piel y sífilis en la Facultad de Medicina de la Universidad de la Habana (1902), e incluyó un capítulo sobre dicha materia en su libro <i>Manual de enfermedades de la piel y sífilis</i> (EcuRed, s. f.).</p> |
| <p>Hubert Poudot</p>  <p>Fuente: Pouliart, 2013</p> | <p>Francia (1861 - 1937)</p> <p>Micólogo de alto nivel, su colección de hongos se conserva en el Museo de Historia Natural, París (Pouliart, 2013).</p> |
| <p>Raymond Jacques Adrien Sabouraud</p>  <p>Fuente: Pillai et al., 2016</p> | <p>Francia (1864 - 1938)</p> <p>Padre de la micología moderna. Hizo el primer estudio sistemático de las dermatofitosis. En 1910 publicó: <i>Enciclopedia de enfermedades del cuero cabelludo</i>, y el primer <i>Manual de micología dermatológica</i>, que es ya un clásico de la medicina y modelo de observación científica (Arenas, 2011).</p> |

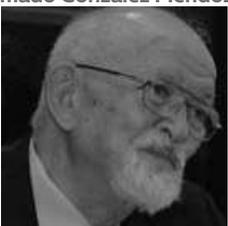
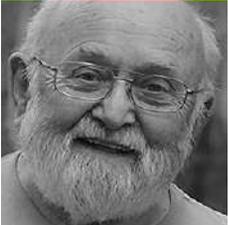
| | |
|---|--|
| <p>Alejandro Posadas</p>  <p>Fuente: Pereyra, 2014</p> | <p>Argentina (1870 – 1902) Referente en Argentina por descubrir el primer caso de coccidioidomicosis (Velásquez, 2010).</p> |
| <p>Samuel Taylor Darling</p>  <p>Fuente: Ribera, 2008</p> | <p>Estados Unidos (1872 – 1925) Descubrió y describió el agente causal de la Histoplasmosis (Velásquez, 2010). La histoplasmosis se conoce como “enfermedad de Darling” (Pillai et al., 2016).</p> |
| <p>Arthur Henry Reginald Buller</p>  <p>Fuente: Goldsborough, 2017</p> | <p>Reino Unido (1874 – 1944) “Principalmente conocido hoy en día como un investigador de datos básicos sobre hongos y estudioso de los hongos y de la roya del trigo” (Goldsborough, 2017).</p> |
| <p>Edwin John Butler</p>  <p>Fuente: Lettice, 2010</p> | <p>Irlanda (1874 – 1943) “Es considerado como el ‘padre de la patología vegetal india’. Fue responsable de categorizar cerca de 150 especies de hongos patógenos de plantas. Publicó ‘Hongos y enfermedades en plantas’ sobre las enfermedades de las plantas de la India; Era el clásico manual de patología vegetal de su época (Lettice, 2010).</p> |

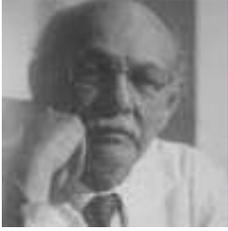
| | |
|---|---|
| <p>Bruno Bloch</p>  <p>Fuente: Al Aboud, 2012</p> | <p>Suiza (1878 – 1933)</p> <p>Fue el primero en realizar estudios sobre inmunología de las micosis (Arenas, 2011).</p> |
| <p>Henri Gougerot</p>  <p>Fuente: Al Aboud y Al Aboud, 2013</p> | <p>Francia (1881 – 1955)</p> <p>Con su colega Beurmann realizó una extensa investigación sobre la participación del hongo <i>Sporothrix schenckii</i> en enfermedades cutáneas y publicaron la monografía: <i>Sporotrichoses</i> con base en 250 casos de esporotricosis en Francia (Ríos, 2013).</p> |
| <p>Elizabeth Lee Hazen</p>  <p>Fuente: Pillai et al., 2016</p> | <p>Estados Unidos (1885-1975)</p> <p>“En 1944 ideó su propio laboratorio para la identificación de hongos y otros organismos. También publicó un libro, <i>Lab Diagnosis of Pathogenic Fungi Simplified</i>, que está en uso incluso ahora. La contribución más importante de Hazen fue en el descubrimiento del primer antifúngico conocido por el hombre (Nystatin)” (Pillai et al., 2016).</p> |
| <p>Marcelle Louise Fernande Le Gal</p>  <p>Fuente: Becker, 2016</p> | <p>Francia (1895 – 1979)</p> <p>Sus obras micológicas en su mayoría tenían <i>Discomycetes</i> de diferentes partes del mundo. Su principal obra <i>Sobre especies de Scutellinia en todo el mundo</i> aun se encuentra sin editar.</p> |

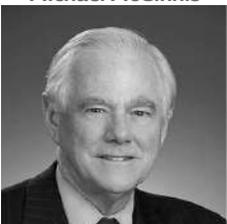
| | |
|--|---|
| <p>Roger Jean Heim</p>  <p>Fuente: Guillet, s.f.</p> | <p>Francia (1900 – 1979)</p> <p>Es considerado un maestro de la mitología del siglo XX. Realizó una amplia contribución a la redacción del orden de los Agaricales. “Estudió la organización de los llamados hongos superiores y diseñó una visión global sobre filogenia, afinidades genéricas y límites de especies en <i>Asidiomycetes</i>. El trabajo que constituye su tesis doctoral, apoyado en 1931, marcó un hito en la historia de la micología. Se ilustra con tablas de acuarela, debido al propio Roger Heim” (Guillet, s.f.).</p> |
| <p>Chester W. Emmons</p>  <p>Fuente: Chung y Bennett, 2016</p> | <p>Estados Unidos (1900 – 1985)</p> <p>Reordenó la nomenclatura de los hongos (Arenas, 2011); aisló <i>Cryptococcus neoformans</i> de excretas de palomas urbanas (<i>Columba livia</i>), definió por primera vez la relación de los microorganismo con las heces de estas aves (Vallejo et al., 2016).</p> |
| <p>José Diódoro Fernando Latapí</p>  <p>Fuente: Guzmán, 2002</p> | <p>México (1902 – 1989)</p> <p>Participó en los decenios más fecundos de la micología médica en México (1930 – 1960). “Pionero en el uso de la griseofulvina en la tiña en México; su manejo de sulfonas y conocimiento sobre micosis profundas lo llevaron a emplearlas por primera vez con éxito en los micetomas, patología cuya localización podálica era anteriormente tratada mediante amputación” (Guzmán, 2002).</p> |
| <p>Constantine John Alexopoulos</p>  <p>Fuente: De Sando, 2017</p> | <p>Estados Unidos (1907 – 1986)</p> <p>Contribuyó al conocimiento micológico. Autor de libros: <i>Micología, Introducción a la Micología</i> (Brodie, 1987).</p> |

| | |
|---|--|
| <p>Antonio González Ochoa</p>  <p>Fuente: Guzmán, 2002</p> | <p>México (1910 – 1984)</p> <p>“Se le ha llamado el pionero de la micología médica en México, formó un gran número de micólogos, quienes continuaron con la misma entrega haciendo trabajos relevantes en todos los aspectos de esta especialidad” (Guzmán, 2002). Contribuyó “al aislamiento de un polisacárido de <i>Sporothrix</i> lo que sirvió mucho al diagnóstico y el estudio inmunológico de esta micosis. Describió el primer caso de paracoccidioidomicosis en México y demostró que el agente causal penetra por inhalación” (Arenas, 2011).</p> |
| <p>Henri Charles Louis Romagnesi</p>  <p>Fuente: Becker, 2016</p> | <p>Francia (1912 – 1999)</p> <p>Autor de los siguientes libros: <i>Análisis de champiñones superiores</i>, incluidas especies de Europa occidental y central, así como de Argelia y Marruecos; <i>Nuevo atlas de hongos</i>; <i>Las setas de nuestro país</i>; <i>Atlas de setas europeas</i>; <i>Setas exóticas</i> (Nijhuis, 2016).</p> |
| <p>Gabriel Segretain</p>  <p>Fuente: International Society for Human and Animal Mycology, 2017</p> | <p>Francia (1913 – 2008)</p> <p>“Profesor honorario del Instituto Pasteur de París. Su principal campo de investigación era <i>myzetomes</i>, <i>eumyzetomes</i> así como <i>aktinomyzetomes</i>, en el cual hizo investigación de campo en Senegal y Mauritania, y describió varios de sus patógenos. Su interés también fue en la histoplasmosis africana en monos y ganó fama internacional al identificar y describir el <i>Penicillium maneffei</i>, un hongo que tiene su reservorio natural en ratas vietnamitas de bambú y mientras tanto, se conocía globalmente como hongo oportunista en pacientes con SIDA. Su competencia micológica, sin embargo, comprendía todos los campos de la micología médica” (The International Society for Human and Animal Mycology, 2017).</p> |
| <p>Carlos Da Silva Lacaz</p>  <p>Fuente: Neto, Pasternak, 2003</p> | <p>Brasil (1915 – 2002)</p> <p>“Inició la Micología en Brasil, con Floriano Paulo de Almeida, antes absolutamente incipiente e improvisada” (Neto y Pasternak, 2003).</p> |

| | |
|---|--|
| <p>Edouard Drouhet</p>  <p>Fuente: Viviani, 2008</p> | <p>Rumania (1919 - 2000)</p> <p>“Un interés constante de las investigaciones de Drouhet fue la respuesta inmunológica del huésped a las infecciones fúngicas. En 1950, ya había demostrado el papel de un polisacárido capsular (glucuronoxilomannan) de <i>Cryptococcus neoformans</i> en la virulencia fúngica, y lo identificó como la causa de la parálisis inmunológica durante la criptococosis. Finalmente, preparó antígenos fúngicos estandarizados para el estudio cualitativo y cuantitativo de anticuerpos séricos en pacientes con micosis profundas” (Viviani, 2008).</p> |
| <p>Francois Mariat</p>  <p>Fuente: Viviani, 2008</p> | <p>Francia (1921 - 2003)</p> <p>Realizó aportes importantes en morfología de <i>Sporothrix schenckii</i>, “basándose en varias cepas recolectadas en el Centro Dermatológico Pascua. Uno de sus trabajos más importantes fue precisar la zona geográfica de los micetomas que forma una franja paralela al Trópico de Cáncer” (Lavalley, 2004).</p> |
| <p>Bruno Cetto</p>  <p>Fuente: Grupo Micológico “B. Cetto” (s.f)</p> | <p>Italia (1921 - 1991)</p> <p>Considerado el mas importante divulgador de la micología italiana (Grupo Micológico “Bruno Cetto” Venezia-Mestre, s.f.).</p> |
| <p>Jorge Wright</p>  <p>Fuente: Asociación Micológica Carlos Spegazzini, s.f.</p> | <p>Argentina (1922 - 2005)</p> <p>“Propulsor de la Micología en Argentina en los últimos 50 años, a través de una intensa tarea en la investigación y docencia. En la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales ha dejado una impronta que no puede discutirse: un número singular de investigadores, notable para un país del tercer mundo, dedicados a una amplia gama de líneas micológicas. Estimuló el inicio y desarrollo de otros aspectos de la investigación micológica, acompañando el crecimiento de los que lo rodeaban. Otros tantos micólogos diseminados por todo el país, son testimonio de su influencia” (Asociación Micológica Carlos Spegazzini, s.f.).</p> |

| | |
|--|--|
| <p>Meinhard Michael Moser</p>  <p>Fuente: Horak et al., 2003</p> | <p>Austria (1924 – 2002)</p> <p>“Fue miembro del centenario de la British Mycological y mentor de numerosos estudiantes y colegas de todo el mundo; realizó investigaciones con micorrizas y estudios taxonómicos sobre hongos grandes y estableció criterios para su determinación en los sistemas de países” (Horak et al., 2003).</p> |
| <p>Rose Marie Dänhncke</p>  <p>Fuente: Ramsteiner, 2009</p> | <p>Alemania (1925 –)</p> <p>Trabajó con zetas, es autora de más de 20 libros y ha descubierto varias especies de hongos.</p> |
| <p>Amado González Mendoza</p>  <p>Fuente: Universidad Nacional Autónoma de México, s.f.</p> | <p>México (1930 – 1914)</p> <p>Contribuyó al fortalecimiento de la Micología en México (Arenas, 2011); “Miembro de más de 16 sociedades médicas y/o científicas entre las que se encuentra: Asociación Mexicana de Micología Médica; hasta 1999, publicó como autor o coautor, 137 artículos (en español, inglés o francés), 48 sobre micología” (Mayorga et al., 2014).</p> |
| <p>James Martín Trappe</p>  <p>Fuente: Sociedad Micológica Cantábrica, 2017</p> | <p>Estados Unidos (1931 –)</p> <p>“Encontró una trufa salvaje por primera vez mientras realizaba investigaciones sobre hongos radicales para su doctorado. Ha dedicado gran parte de su investigación a la ecología y taxonomía de la trufa; ha recogido trufas en más de 25 países en los cinco continentes y desde 1987 cada año en Australia, que tiene la mayor diversidad de trufas naturales de todos los continentes. Es autor o coautor de casi 500 artículos científicos, 4 libros, y con sus estudiantes y colegas ha descrito y nombrado un nuevo orden de trufas, dos nuevas familias, 40 nuevos géneros y 175 nuevas especies” (Sociedad Micológica Cantábrica, 2017).</p> |

| | |
|--|---|
| <p>Ángela Restrepo Moreno</p>  <p>Fuente: Universidad EAFIT, 2015</p> | <p>Colombia (1931-)</p> <p>“Gestionó recursos en Estados Unidos para la investigación de los hongos de importancia médica, especialmente para el estudio de la blastomicosis suramericana. Esta y otras ayudas norteamericanas como el laboratorio de micología donado en 1960 por la Fundación Will Keith Kellogg, así como las becas para la formación de docentes, construyeron la educación de la micología médica en la Universidad de Antioquia. Finalmente, gracias a todas estas conexiones, hacia 1970 se creó la Corporación para Investigaciones Biológicas (CIB) y se organizó el laboratorio de micología, que fue su primera sección y que propició la constitución del primer grupo de investigación en esta disciplina en Colombia, el grupo de Micología médica” (Galvis et al., 2013).</p> |
| <p>Amado Saúl Cano</p>  <p>Fuente: Sociedad Mexicana de Dermatología A. C., 2015</p> | <p>(México (1931 – 2015)</p> <p>Contribuyó al fortalecimiento de la Micología en México (Arenas, 2011); como médico activo escribió como autor o coautor más de 300 artículos, entre ellos de Micología, publicados en revistas nacionales y extranjeras (Sociedad Mexicana de Dermatología A. C., 2015).</p> |
| <p>Evangelina Perez Silva</p>  <p>Fuente: Medel et al., 2011</p> | <p>México (1931 –)</p> <p>Ha escrito 6 libros y 17 capítulos de libros, 22 trabajos de divulgación. Entre sus libros están: <i>Los Hongos en la Cocina Mexicana</i>; <i>Iconografía de Macromicetos de México</i>; <i>Guía micológica del género Amanita del Parque Estatal Sierra de Nanchititla</i>; <i>Flores que no son flores</i> (Medel et al., 2011).</p> |
| <p>Gastón Guzmán Huerta</p>  <p>Fuente: Instituto de Ecología, INECOL, 2016</p> | <p>México (1932 – 2016)</p> <p>“Fue un emprendedor incansable, creador de las principales colecciones micológicas del país, profesora y asesor de múltiples generaciones de investigadores, pionero en el estudio de los hongos alucinógenos, promotor de la divulgación del conocimiento de la biodiversidad fúngica de México, fundador de la Sociedad Mexicana de Micología y de la Asociación Latinoamericana de Micología, creador de la Revista Mexicana de Micología. Entre artículos, capítulos de libros y libros publicó más de 420 trabajos, describió más de 200 especies nuevas” (Instituto de Ecología, INECOL, 2016).</p> |

| | |
|--|--|
| <p>John Willard Rippon</p>  <p>Fuente: Arenas, 2011</p> | <p>Estados Unidos (1933 -)</p> <p>En los últimos años ha hecho aportes importantes a la micología clínica. Autor de: Tratado de <i>Micología médica: hongos y actinomicetos patógenos</i> (Rippon, 1990).</p> |
| <p>Ricardo Negroni</p>  <p>Fuente: Infocus, 2015</p> | <p>Argentina (1939 -)</p> <p>Micólogo contemporáneo, con aportes importantes en este campo. "Autor de 476 publicaciones científicas sobre diversos aspectos de la Micología Médica en castellano, inglés y portugués" (Infocus, 2015).</p> |
| <p>Gioconda San Blas</p>  <p>Fuente: Carmona, 2003.</p> | <p>Venezuela (1943 -)</p> <p>Sus aportes a la Micología:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Postuló y fue comprobado al α-1, 3-glucán de la pared celular como un factor de virulencia del hongo <i>Histoplasma capsulatum</i> y <i>Blastomyces dermatitidis</i>. • Genes del dimorfismo y la virulencia: gen de la ornitina descarboxilasa (en colaboración con CINESTAV, México, Dr. Ruiz Herrera) y genes de quitina sintetasa (con la Universidad de Aberdeen, Uk, Prof. N. Grow). • Sistema de transformación de <i>P. brasiliensis</i> (con el profesor A. Dominguez) • Identificación geográfica molecular de cepas de <i>P. brasiliensis</i>, con la interpretación de la clínica de esa micosis (Carmona, 2003). |
| <p>Michael McGinnis</p>  <p>Fuente: Dzau, 2016</p> | <p>Estados Unidos (1944 -)</p> <p>Estudioso de hongos dematiáceos, realizó aportes importantes a la Micología (Arenas, 2011).</p> |

| | |
|---|--|
| <p>Jairo Castaño Zapata</p>  <p>Fuente: López, 2011</p> | <p>Colombia (1944 -)</p> <p>Autor de varios libros relacionados con hongos fitopatógenos: <i>Guía ilustrada de hongos promisorios para el control de malezas, insectos, nematodos y hongos fitopatógenos</i>; <i>Principios básicos de hongos fitopatógenos</i>.</p> |
| <p>Roberto Arenas Guzmán</p>  <p>Fuente: Arenas, s.f.</p> | <p>México (1946 -)</p> <p>Maestro en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), profesor de un Diplomado de Micología Médica presencial y de un diplomado a distancia en la misma universidad. Autor de varios libros, entre ellos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Dermatología Atlas diagnóstico y tratamiento.</i> • <i>Micología Médica Ilustrada.</i> • <i>Onicopatías: Guía práctica de diagnóstico tratamiento y manejo.</i> • <i>Tropical Dermatology.</i> • Más de 400 publicaciones en revistas especializadas (Arenas, s.f.). |
| <p>Solomon Pavlovič Wasser</p>  <p>Fuente: Universidad Católica de Manizales, 2015</p> | <p>Ucrania (1946 -)</p> <p>“Es un líder mundial en el estudio de champiñones medicinales. Ha realizado investigaciones pioneras en las propiedades antioxidantes y de barrido radical de los hongos medicinales. También en la obtención de dos patentes para nuestro Lingzhi especial, <i>Ganoderma tsugae</i> var <i>jannieae</i>. También dirige el Centro Internacional de Biotecnología y Biodiversidad de Hongos” (Universidad de Haifa, 2013).</p> |
| <p>Víctor Manuel Pardo Cardona</p>  <p>Fuente: Pardo, 2017</p> | <p>Colombia (1947 -)</p> <p>Es autor de varios libros relacionados con hongos fitopatógenos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Índice de los hongos fitopatógenos de las plantas cultivadas de Colombia.</i> • <i>Manual Práctico de Micología Agrícola.</i> • <i>Principios de Micología</i> (Coautor). • <i>Hongos Fitopatógenos de Colombia.</i> <p>También es autor de 53 artículos científicos individuales y 9 como coautor (Pardo, 2017).</p> |

| | |
|--|---|
| <p>André Bidaud</p>  <p>Fuente: Sociedad Micológica Cantábrica, 2017</p> | <p>Francia (1949 -)</p> <p>"Especialista en género <i>Cortinarius</i>, uno de los co-autores del Atlas de cortinaires. Participa en la publicación del <i>Bulletin mycologique et botanique Dauphiné-Savoie</i>. Boletín de una federación de sociedades micológicas de <i>Auvergne-Rhône-Alpes</i>" (Sociedad Micológica Cantábrica, 2017).</p> |
| <p>Axel Rodolfo Santiago</p>  <p>Fuente: Pabón, s.f.</p> | <p>Venezuela (1950 -)</p> <p>"Ha hecho grandes aportes en el estudio de las micosis en pacientes con HIV y SIDA, siendo el primero en Venezuela en identificar <i>Paracoccidioides brasiliensis</i> en pacientes con SIDA, en el año 1995. Actualmente sigue aportando nuevos conocimientos sobre hongos productores de micosis profunda en estos pacientes. Otro de sus importantes logros en la Micología fue la identificación de una nueva especie del género <i>Aspergillus</i>, identificado como <i>A. insulicola</i>, que publica con su maestro Lorenzo de Montemayor" (Pabón, s.f.).</p> |
| <p>José Alejandro Bonifaz Trujillo</p>  <p>Fuente: Imgrum, 2016</p> | <p>México (1957 -)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Jefe del departamento de Micología, Servicio de Dermatología. Hospital General de México "Dr. Eduardo Liceaga". • Investigador principal del servicio de Dermatología. • Investigador nacional del Sistema Nacional de Salud e Investigador del Sistema Nacional de Investigación (Sistema Nacional de Investigadores, CONACYT). • Profesor de pre y posgrado de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) • Editor de Dermatología Revista Mexicana (Diario Oficial de la Sociedad Mexicana de Dermatología y Academia Mexicana de Dermatología). • Autor del libro <i>Micología Médica Básica</i>. |
| <p>Cristina Elena Canteros</p>  <p>Fuente: Infocus, 2015</p> | <p>Argentina (1960 -)</p> <p>Coautora de algunos artículos científicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Identificación rápida de Histoplasma capsulatum en lisados de cultivo.</i> • <i>Genotyping of clinical isolates of Aspergillus flavus and its relationship with environmental isolates of an oncohematological center.</i> • <i>Brote de histoplasmosis en la Provincia de Neuquén, Patagonia Argentina.</i> • <i>Disseminated histoplasmosis in HIV-infected patients in South America: a neglected killer continues on its rampage.</i> |

1.2 Hongos

“Los hongos se consideraron originalmente como plantas inferiores en la categoría de las criptógamas y en la división (*Phylum*) Thallophytas” (Arenas, 2008, p. 9). Desde 1969 Robert Harding Whittaker agrupó a los seres vivos en cinco reinos (Mónera, Protista, Fungae, plantae y Animalia); en 2002, Kendrick, teniendo en cuenta también la inmunología y la biología molecular, clasificó a los seres vivos en siete reinos (Archeabacteria, Eubacteria, Chromista, Protozoa, Fungi, Plantae y Animalia), los dos primeros tienen células procariontes y también se llaman dominios, los demás son eucariontes), y a los hongos los ubicó en el reino Fungae o Fungi (Arenas, 2011).

Los hongos son organismos eucariotes y cada uno tiene al menos un núcleo y una membrana nuclear, un retículo endoplásmico, mitocondrias y un aparato secretor. Muchos son aerobios obligados o facultativos. Son quimiótrofos secretores de enzimas que degradan una amplia variedad de sustratos orgánicos en nutrientes solubles que luego son absorbidos pasivamente o integrados a la célula por transporte activo (Mitchell, 2011, p. 625).

Además, son uni o pluricelulares, de paredes rígidas (por la presencia de quitina), son heterótrofos (no poseen clorofila), se reproducen sexual y asexualmente, o solo asexualmente.

De igual manera “se han descrito alrededor de 70.000 especies de hongos, pero se considera que puede haber 1.5 billones de ellas. De toda esta gran biodiversidad, aproximadamente el 10% constituye el grupo de hongos estudiados dentro de la Micología Médica” (Uribarren et al., 2016, p. 1) y se considera que “más de 8.000 especies de hongos producen enfermedades en las plantas. Todas las plantas son atacadas por algún tipo de hongo y cada uno de los hongos parásitos ataca a uno o más tipos de plantas” (Agrios, 2005, p. 273). Los hongos varían en su habilidad para ocasionar enfermedad, así como en su hábitat parasítico y son los principales agentes fitopatógenos debido a que son los microorganismos más numerosos, de ahí que la economía mundial sufra anualmente pérdidas considerables por causas asociadas con ellos (Castaño, 1997).

Por otro lado,

Muchas especies de hongos son beneficiosas para el género humano. Están en la naturaleza y son esenciales para degradar y reciclar materia orgánica. Algunos realmente mejoran la calidad de vida de los seres humanos al contribuir a la producción de alimentos y bebidas, como quesos, pan y cerveza. Otros hongos han aportado metabolitos bioactivos

secundarios y útiles en la medicina como antibióticos e inmunosupresores. Los genetistas y biólogos moleculares han aprovechado los hongos como modelos para investigar diversos fenómenos eucariotes y los hongos ejercen su máximo impacto económico como fitopatógenos (Mitchell, 2011, p. 625).

Durante mucho tiempo los hongos recibieron poca atención en el diagnóstico clínico, porque las infecciones que causaban no revestían extrema gravedad, pero, en los últimos decenios ha aumentado la incidencia de infecciones fúngicas en pacientes sometidos a terapias inmunosupresoras y antibioterapia de amplio espectro. Esos avances terapéuticos mas la epidemia del VIH SIDA han aumentado las especies capaces de causar infecciones fúngicas, y los llamados "hongos oportunistas" han cobrado especial importancia. El número reducido de fármacos antifúngicos que hay en el mercado y la aparición de cepas resistentes a los mismos son factores adicionales de la importancia creciente de este grupo de patógenos (Delgado et al., 1994).

El conocimiento de la morfología de los hongos y el conocimiento como agente etiológico de una patología,

Es de singular valor, pues de ello dependerá, en gran medida, la eficacia de las prácticas de regulación que se diseñen y la sostenibilidad económica, social y ambiental de las mismas. Un sistema de manejo de enfermedades sosteniblemente funcional se sustenta en un conjunto de conocimientos, dentro de los cuales el diagnóstico de casos y la evaluación de riesgos de enfermedades juegan un peso fundamental (Mitchell, 2011, p. 625).

Porque determinar el agente causal de una patología conlleva a: manejar el problema, generar medidas efectivas, optimizar recursos, reducir efectos negativos en el ambiente e identificar información en la interacción huésped-hospedante (Barnes, 1994).

1.2.1 Características de los hongos

Los hongos tienen las siguientes características comunes:

- Son eucariontes: presentan un núcleo bien diferenciado con membrana nuclear bien organizada.
- Son heterótrofos: se alimentan de materia orgánica preformada de la cual aprovechan la energía y el carbono.
- Tienen pared celular conformada por polisacáridos, polipéptidos y quitina de consistencia rígida que es lo que impide la fagocitosis y a través de ella pasan por difusión sustancias simples y solubles, producto de la acción enzimática externa

(Arenas, 2014). "Es una estructura con gran plasticidad, que da la forma a la célula, controla la permeabilidad celular y protege a la célula de los cambios osmóticos. Además de estas importantes funciones, constituye el lugar de interacción con el medio externo, localizándose en ella las adhesinas y un gran número de receptores que, tras su activación, desencadenarán una compleja cascada de señales en el interior de la célula" (Pontón, 2008, p. 78).

- Están formados por un complejo fúngico llamado micelio que está constituido por múltiples hifas (hifomicetos o mohos) o por estructuras unicelulares o levaduras (blastomicetos), se reproducen por gemación.
- Poseen las siguientes organelas: núcleo rodeado por membrana, mitocondrias, retículo endoplasmático liso, aparato de Golgi, membrana celular (que contiene ergosterol), cuerpos cisternales o dictiosomas (que liberan: macrovesículas que atraviesan la membrana celular en un proceso inverso a la picnocitosis y microvesículas que contienen quitina sintetasa que forma quitina), también poseen organelas membranosas circulares.
- La forma de su crecimiento depende de la cantidad y disposición de las macrovesículas y microvesículas (si se concentran en un punto originan una hifa y si se distribuyen de forma homogénea en la periferia origina una levadura) (Arenas, 2014).
- De acuerdo con las posibilidades de apreciar las características morfológicas básicas, los hongos pueden ser macroscópicos (setas o champiñones) y microscópicos.
- "Los hongos macroscópicos están formados por agregaciones miceliales formando cuerpos fructíferos o carpóforos, donde se localizan estructuras de reproducción sexual (basidios con basidiosporas)" (Arenas, 2014, p. 12).
- "Los hongos poseen las características fundamentales de la materia viva: irritabilidad, conductividad, contractilidad, y capacidad de reproducción.
- Tienen la capacidad de descomponer organismos muertos o sus productos (saprofitos o saprófitos) y obtener el nutrimento de otros organismos vivos o huéspedes (parásitos).
- Algunos hongos se relacionan con otros microorganismos para nutrirse mutuamente (simbiosis), por ejemplo, con: líquenes (combinación de hongos y las algas), micorrizas (asociación de hongos y raíces de plantas), esto sirve para incrementar la absorción de nutrimentos del suelo.
- Los hongos patógenos son especies zootróficas que requieren tejido vivo para el crecimiento, al menos durante una parte de su ciclo; en cambio los hongos oportunistas son necrotróficos o saprotróficos, es decir, usan componentes orgánicos generados por vertebrados o compuestos orgánicos de invertebrados.
- "Los hongos tienen gran importancia para conservar el equilibrio de la naturaleza puesto que desintegran o reciclan casi todos los restos orgánicos y permiten así completar el ciclo de la materia y de la energía; intervienen en la producción del

- humus del suelo, muy importante para su fertilidad" (Arenas, 2014, p. 13).
- Los hongos sirven como alimento o se utilizan en la elaboración de otros.
 - Se utilizan en procesos industriales (producción de: ácido cítrico, antibióticos, hormonas y enzimas).
 - Pueden ser una seria amenaza para los cultivos, originan el 70% de las enfermedades importantes en plantas.
 - Pueden destruir maderas, pieles, telas, obras de arte, lubricantes, cocinas, baños o alimentos que consumen los seres vivos.
 - En la ganadería ocasionan grandes pérdidas económicas por enfermedades digestivas, abortos, dermatosis o micosis sistémicas.
 - En seres humanos la micopatología es variada: envenenamiento por la ingestión de un hongo macromiceto tóxico (micetismo), por ejemplo, en los casos de la *Amanita phalloides*, alucinógeno que suele consumirse de forma accidental o en ritos religiosos o culturales y que puede causar desde micetismo gastrointestinal hasta alteraciones cerebrales y la muerte.
 - Producen micotoxicosis: alteraciones producidas por la ingestión de alimentos que contienen metabolitos o sustancias precursoras de toxinas de hongos, como las aflatoxinas (*Aspergillus*), las fusarinas (*Fusarium*) que se desarrollan sobre el maíz, cacahuetes (maní) y otros sustratos utilizados como alimentos para seres humanos o animales e inutilizan los alimentos, pueden originar hepatomas en animales de laboratorio y se cree que producen cáncer de hígado en seres humanos; ergotoxinas (*Cleviceps purpurea*, que genera alcaloides similares al ácido lisérgico (LSD) o el cornezuelo del centeno (ergotamina), que se ha utilizado en obstetricia).
 - Pueden producir fenómenos alérgicos de hipersensibilidad en personas normales o atópicas, fundamentalmente asma y rinitis (Arenas, 2014).

1.2.2 Mecanismo de acción de los hongos

Madigan et al. (2003) afirman que los hongos producen enfermedades mediante tres mecanismos principales:

- Inducción de respuestas inmunitarias. Pueden producir reacciones de hipersensibilidad por la exposición a los hongos, lo que puede causar alergia.
- Producción y acción de micotoxinas. Son exotoxinas, entre las cuales están las aflatoxinas que son muy tóxicas e inducen tumores en algunos animales, especialmente aves (al alimentarse de granos contaminados).
- Infección. Denominadas micosis; pueden variar entre enfermedades superficiales inocuas y graves, que ponen la vida en peligro.

1.2.3 Morfología de los hongos

Los hongos son organismos que poseen características muy particulares, diferentes de las plantas, ya que no elaboran su propio alimento mediante la fotosíntesis, sino que viven a expensas de otros organismos vivos o muertos. También se diferencian de los animales porque no poseen la capacidad de desplazarse o moverse sobre el medio o superficie en que crecen. Constituyen un grupo de seres vivos que pueden estar formados por una célula (unicelulares) o por muchas células (pluricelulares) (SENA, 2010, p. 1).

Los hongos macromicetos están formados por una fructificación carnosa llamada píleo (‘sombrero’), unido por su parte central al ápice de un estipe (o tallo) bien diferenciado. En un principio esta fructificación se encuentra envuelta por un velo universal, que es una vaina de hifas que en la madurez permanece por lo general conspicua en forma de copa o de saco en la base de estípote (volva) o, a veces, como escamas o restos de membranas triables en dicha base y, con frecuencia, también en la superficie del pileo (Arenas, 2014, p. 12).

Los hongos micromicetos son saprófitos ambientales y se clasifican según su morfología en mohos y levaduras, que pueden ser monomórficos y dimórficos según la temperatura, el sustrato y las formas de patogenia. Existe un hongo de estructura similar a un parásito protozoario como quiste y trofozoito llamado *Pneumocystis jiroveci*, que puede ser patógeno oportunista en pacientes inmunosuprimidos o inmunocomprometidos (González, 2011).

1.2.3.1 Hongos filamentosos o mohos

La mayoría tienen un soma vegetativo (talo) similar al de las plantas; consta de filamentos microscópicos continuos más o menos alargados y ramificados que tienen paredes celulares definidas (Agrios, 1995) y en la mayoría de los hongos, la quitina es el constituyente de la pared celular, se disponen en microfibrillas como la celulosa; otros polisacáridos como los mananos, galactanos y quitosán reemplazan a la quitina en algunos grupos de hongos; Las paredes celulares fúngicas constan de 80-90% de carbohidratos, siendo las proteínas, los lípidos, polifosfatos e iones inorgánicos el material cementante (Madigan et al., 2003). Al soma del hongo se le denomina micelio y a las bifurcaciones individuales o filamentos del micelio se les denomina hifas (Agrios, 1995). Al igual que las plantas y otros microorganismos, los hongos tienen paredes celulares. Los hongos son heterótrofos, se alimentan de otros organismos. Casi todos tienen cuerpos filamentosos que penetran el suelo, en desechos animales o en los cuerpos vivos o muertos de plantas y animales (Audersik y Audersik, 1997). Pueden ser diferenciados de los procariotas por ser más grandes, poseer núcleo, vacuolas y

mitocondrias, es decir una típica célula eucariótica (Madigan et al., 2003). En muchos hongos, las hifas se prolongan a través de un proceso conocido como extensión apical; pueden ser cenocíticas y tabicadas o septadas. Las hifas que crecen sumergidas o en la superficie de un medio de cultivo se llaman hifas vegetativas; las que se proyectan por encima de la superficie del medio se conocen como hifas aéreas las cuales dan lugar a estructuras especializadas o conidias (elementos reproductores asexuales). La morfología de los hongos no es fija, ya que algunos hongos dimórficos, pueden adoptar una morfología de levadura dependiendo de las condiciones ambientales (Pardo, 1995). En algunos hongos el micelio está constituido por células que contienen uno o dos núcleos; otros tienen micelio cenocítico, con muchos núcleos y está integrado por una célula multinucleada continua y tubular que puede o no ramificarse (Peña y Páez, s.f.); también el micelio puede presentar septos y es tabicado (Ancco, 2017).

1.2.3.2 Hongos levaduriformes

Hay otro grupo bastante heterogéneo de hongos microscópicos que, en un estadio de su ciclo biológico, se presentan en forma unicelular y se multiplican por gemación la mayoría y por escisión algunos; Delgado et al., 1994, afirman que las levaduras son hongos unicelulares, poseen morfología esférica o elíptica y miden de 3-10 μm de longitud. Muchas levaduras, en determinadas circunstancias y dependiendo de la especie pueden producir hifas y pseudohifas (no tienen septos verdaderos, sino estrechamientos o constricciones; son prolongaciones de las blastoconidias) (Belin, 1981). "Su distinción con los hongos filamentosos es muy subjetiva porque existen formas intermedias entre levaduras y hongos superiores típicos" (Medina, 2006, p. 46). (Figura 1).

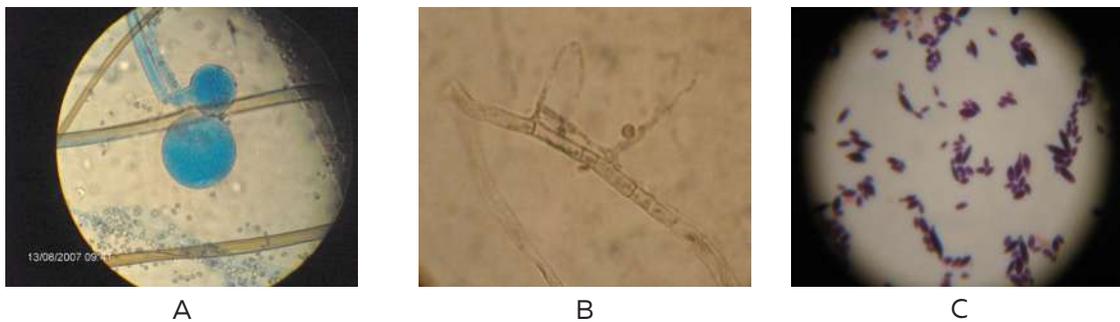


Figura 1. Soma de los hongos
A. Hifa cenocítica · B. Hifa tabicada o septada · C. Levadura

Existen hongos monomórficos, no cambian su morfología y son termotolerantes, de fácil adquisición de persona a persona. Otros hongos denominados dimórficos presentan una morfología que depende de la temperatura; a temperatura ambiente (25°C – 30°C) se forman como mohos (fase saprofítica) y a 37 °C (la temperatura interna corporal humana) se transforman en levadura (fase parasitaria), por lo tanto, la infección por estos hongos o la infección que causan no se transmite de una persona a otra (González, 2011).

1.2.3.3 Transformaciones del micelio

En algunos hongos se presentan transformaciones en su micelio, que se describen a continuación:

Plasmodio: son hongos inferiores que son *mucilaginosos plasmodiales* (plasmodio), proliferan hasta un diámetro grande, es una masa única de citoplasma, no dividido por membranas y con muchos núcleos diploides; es producto de varias divisiones mitóticas no asociadas con citocinesis (Campbell y Reece, 2007); se mueve como una ameba gigante y engloba detritos orgánicos y bacterias (Tórtora et al., 2007), extiende los pseudópodos en tierra húmeda, capas de hojas o troncos en descomposición; si escasea el alimento, deja de crecer y se diferencia en un estadio del ciclo vital que produce cuerpos fructíferos, que desarrolla la reproducción sexual (Figura 2).



Figura 2. Hongo en forma de plasmodio.
Fuente: Schubert, 2013.

Otros se presentan como *mucilaginosos celulares*, son células solitarias (haploides) y cuando se agota el alimento forman un conglomerado que funciona como una unidad (Campbell y Reece, 2007).

Plecténquima: “Las hifas del micelio de algunos hongos se agrupan en tejido organizado, flojamente entrelazado” (Sánchez et al., 2000, p. 173), forman un tejido suelto, un falso tejido y puede ser prosénquima o pseudoparénquima:

La prosénquima. “Cuando sus células típicamente alargadas son fáciles de distinguir y las hifas que lo componen son más o menos paralelas unas a otras” (Sánchez et al., 2000, p. 173) (Figura 3).

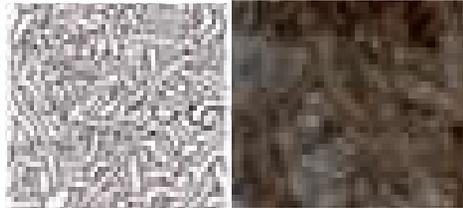


Figura 3. Tejido prosénquima de algunos hongos.

Fuente: Biasoli, 2013.

La pseudoparénquima. “Cuando sus células son más o menos isodiamétricas y ovaladas y las hifas pierden su individualidad y no se diferencian como tales” (Sánchez et al., 2000, p. 173) (Figura 4).

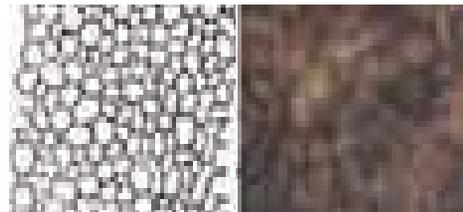


Figura 4. Tejido pseudoparénquima de algunos hongos.

Fuente: Biasoli, 2013.

Haustorios: los hongos penetran inter o intracelularmente en el tejido vegetal hospedero, obteniendo su alimento mediante haustorios, que son prolongaciones de hifas somáticas alargadas o ramificadas que terminan en forma de botón y que le sirven como órgano de absorción de nutrientes (Sánchez et al., 2000) (Figura 5).

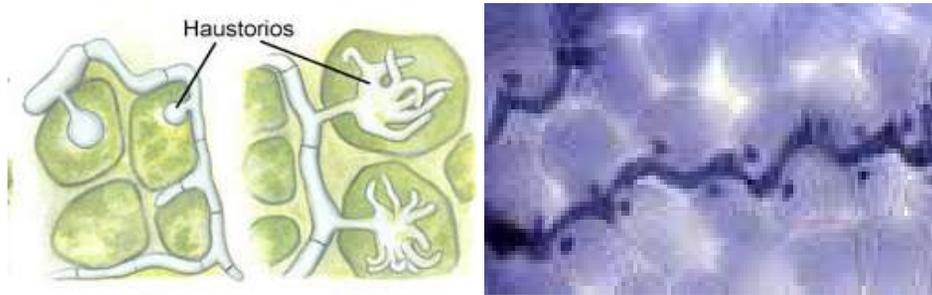


Figura 5. Haustorios

Fuentes: Ulloa, s.f., Boutet, 2012

Rizomorfos: especie de cordones formados por hifas entrelazadas con apariencia de raíces; por lo general se pueden observar a simple vista creciendo adheridos a hojas en descomposición; son estructuras de resistencia para sobrevivir bajo condiciones adversas (Rivera, 1999) (Figura 6).



Figura 6. Rizomorfos.

Fuente: Aguin et al., 1997

Conidióforos: son hifas simples o ramificadas que alcanzan su madurez y en cuyo ápice o lateralmente se forman las células conidiógenas que originan las conidias (células asexuadas externas) (Figura 7).

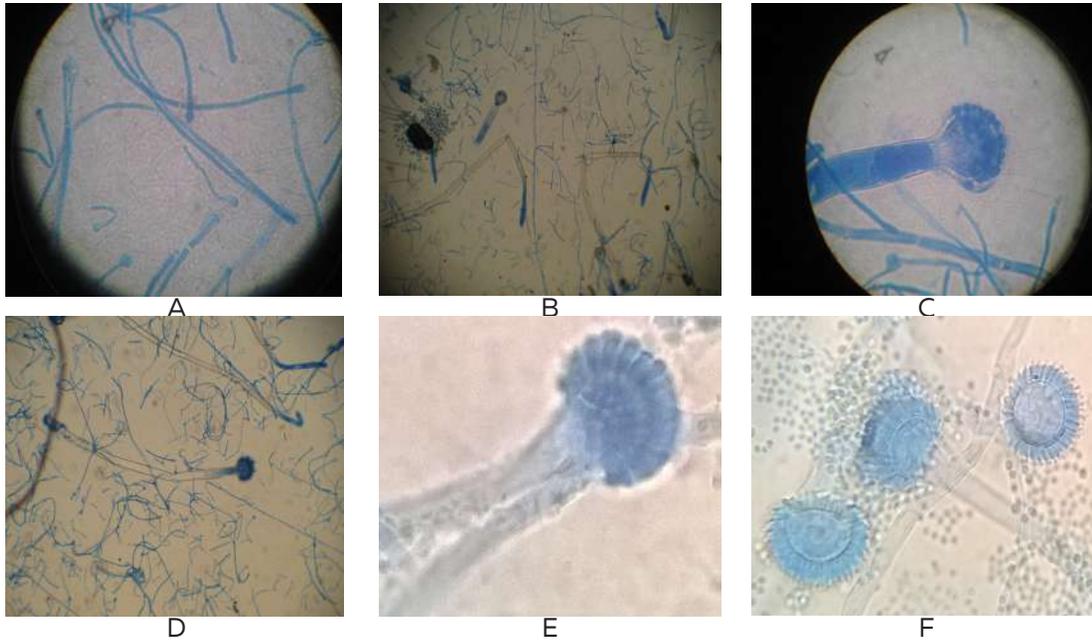


Figura 7. Formación de conidias.

- A. Inicio de la formación del conidióforo en el extremo de hifas
- B. Vesícula formada en el extremo de la hifa
- C. Vesícula cubierta con pocas células conidiógenas
- D. Vesícula cubierta con células conidiógenas
- E. Conidióforo maduro
- F. Conidióforo maduro con desprendimiento de conidias

Esporangióforos: en algunos hongos con micelio septado o cenocítico, las hifas forman los esporangióforos en cuyos extremos se originan los esporangios (Sánchez et al., 2000) (Figura 8).

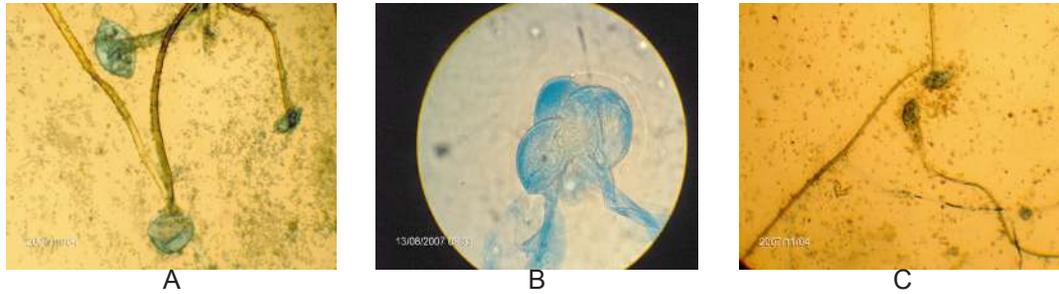


Figura 8. Formación de esporangios.

- A. Hifas con esporangióforo
- B. Rompimiento de esporangióforos
- C. Liberación de esporangiosporas

Esporodoquios: "Tejido estromático en forma de almohadilla, recubierto de conidióforos" (Sánchez et al., 2000, p. 174) (Figura 9).



Figura 9. Esporodoquio.
Fuente: Montoya, 2016

Rizoide; ramificación corta y delgada parecida a una raíz (Sánchez et al., 2000) (Figura 10).

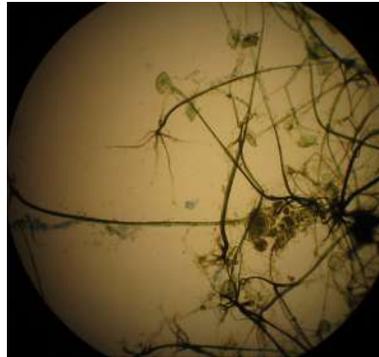


Figura 10. Rizoides.

Picnidios: cuerpo en forma de pera, es globoso, de tamaño grande; está conformado por hifas especializadas y en su interior se encuentra las conidias (Lurá et al., 1997) (Figura 11).



Figura 11. Picnidio.

Fuente: Pérez et al., 2012

Acérvulo: masa de hifas agrupadas en forma de plato o almohadilla y son en su mayoría estructuras especializadas de micelio (hifas fértiles) que dan origen a las conidias (Lurá et al., 1997) (Figura 12).

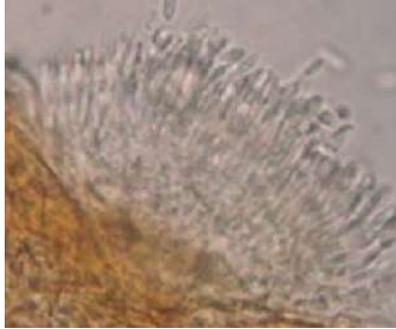


Figura 12. Acérvulo.

Fuente: Urdaneta et al., 2013

Clamidospora: ensanchamiento de la hifa hasta convertirse en una conidia de pared gruesa, puede ser intercalar o terminal; es estructura de resistencia (Figura 13).

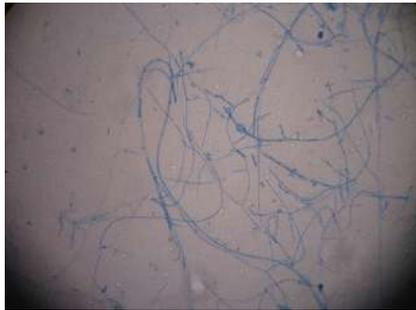


Figura 13. Clamidospora.

Esclerocios: cuerpo globoso, producido por entrelazamiento de hifas del micelio vegetativo, que se recubren con una corteza, muy resistente; generalmente son pigmentadas y son estructuras de resistencia (Lurá et al., 1997) (Figura 14).



Figura 14. Esclerocios.
Martínez, 2008

1.2.4 Reproducción de los hongos

Los hongos deben reproducirse fácilmente para conservar su capacidad de adaptación y se reproducen sexual y asexualmente, algunos hongos con las dos formas de reproducción y otros solo sexualmente. La reproducción sexuada (perfecta) también se denomina teleomorfa y la reproducción asexuada anamorfa o mitospórica (Arenas, 2014). "Los hongos que presentan ambas formas se llaman holomorfos" (Arenas, 2014, p. 25).

1.2.4.1 Reproducción asexual de los hongos

Una de las características más importantes de los hongos es que siempre se reproducen por conidios (esporas), los cuales pueden ser sexuales o asexuales; la reproducción asexual es más sencilla y es la que realizan los hongos en su mayoría en condiciones normales y en los medios de cultivo, este tipo de reproducción también se conoce como anamórfica donde se forman nuevos hongos genéticamente idénticos al progenitor por medio de mitosis, por tanto es una reproducción propia de los hongos mitospóricos, sin embargo la reproducción anamórfica se presenta también en Ascomycetes, Zygomycetes y en algunos Basidiomycetes (Muñoz et al., 2016, p. 1).

Esta reproducción se lleva "a cabo por medio de esporas generadas por una célula especializada o una conidiógena, las cuales son externas y se llaman conidios, y solo en los Zigomicotas son internas y se llaman endosporas o esporangiosporas" (Arenas,

2014, p. 24). El proceso se llama conidiogénesis, a menudo se observa una estructura diferenciada que sostiene una o más células conidiógenas y se llama conidióforo (Arenas, 2014). "Hay dos patrones básicos de conidiogénesis: tálica y blástica:

Conidiogénesis tálica. Toda la célula conidiógena se convierte en uno o más conidios.

Conidiogénesis blástica. Hay un pequeño brote en la célula conidiógena da lugar al conidio" (Arenas, 2014, p. 27).

La reproducción asexual es la más importante para la propagación de la especie, debido a que permite la producción de numerosos individuos, y sobre todo, porque el ciclo asexual se repite varias veces al año, mientras que la fase sexual de muchos hongos se produce solo una vez al año o una vez cada cinco o diez años (Ugalde, 2013, p. 3).

La ventaja de este tipo de reproducción es el gran número de esporas que se forman, así como la rapidez con que se lleva a cabo el proceso. Los hongos filamentosos pueden reproducirse por la simple fragmentación de las hifas o mediante la formación de estructuras especializadas (**células conidiógenas** o **esporangios**), mientras que las levaduras se reproducen por gemación, fisión binaria o fragmentación (Uribarren et al., 2016, p. 1).

1.2.4.1.1 Formas más comunes de reproducción asexual

Este tipo de reproducción se caracteriza por la formación de las siguientes estructuras:

Esporangiosporas: "Se forman dentro de un saco cerrado denominado esporangio, elido por una hifa especializada, larga, delgada, simple o ramificada y que se conoce como esporangióforo" (Lurá et al., 1997, p. 15). (Figura 15).

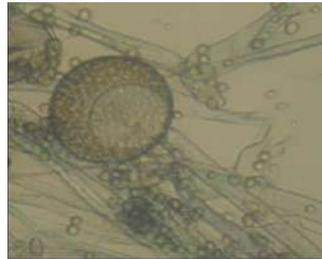


Figura 15. Esporangióforo y esporangiosporas.
Fuente: Montoya, 2016

Conidias: nacen de una célula especializada (célula conidiógena), que, a su vez, puede nacer directamente de una hifa vegetativa o de estructuras diferenciadas (conidióforo). Algunos hongos producen conidias grandes y pequeñas, llamadas macroconidias y microconidias (Delgado et al., 1994) (Figura 16).

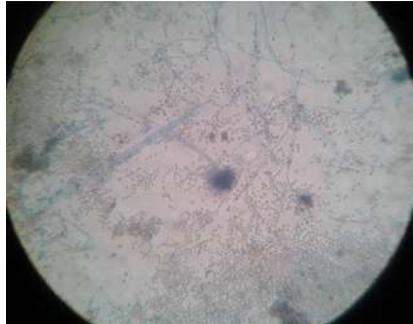


Figura 16. Conidióforo y conidias.

Artroconidias o *artrosporas*: cuando las conidias se forman por fragmentación de la hifa en células individuales (Delgado et al., 1994) (Figura 17).

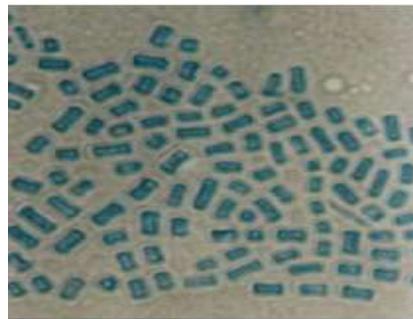


Figura 17. Artroconidias o artrosporas.

Clamidosporas o *clamidoconidias*: son conidias comunes en todos los tipos de hongos y se forman por condensación del citoplasma y espesamiento de la pared celular; constituyen formas de reproducción y resistencia (Delgado et al., 1994). La fragmentación puede también ocurrir accidentalmente por rotura de partes de micelio debida a fuerzas externas. Tales trozos de micelios en condiciones favorables darán origen a un nuevo individuo (Alexopoulos, 1979) (Figura 18).



Figura 18. Clamidosporas o clamiconidias.

Gemación: "Es la producción en posición polar, y en ocasiones por fisión dependiendo de la especie, de gemas, que algunas veces permanece unida a la célula madre, y este proceso se repite formando cadenas celulares largas llamadas pseudohifas" (Hernández, 2010, p. 4) (Figura 19).



Figura 19. Levaduras en gemación.

Blastosporas: "Conidios formados por gemación o blastogénesis de la célula conidiógena, que permanece fija; se observan aislados, en racimos o cadenas" (Arenas, 2014, p. 29) (Figura 20).



Figura 20. Blastosporas.

Simpodulosporas: son conidios que nacen por gemación, pero la célula conidiógena sigue creciendo después de la formación de cada conidio, lo cual da el aspecto de ciempiés; las simpodulosporas a veces presentan un pequeño denticulo que las une a la célula conidiógena y adquieren el aspecto de escofina, en cuyo caso se llaman radulosporas (Arenas, 2014, p. 29) (Figura 21).

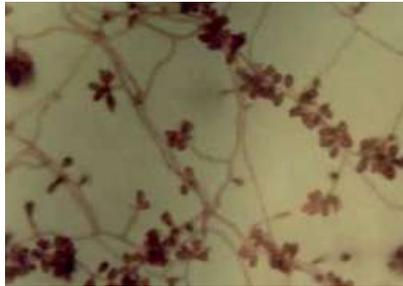


Figura 21. Simpodulosporas.

Fuente: Carrada, 2012

Fialosporas: se producen en una célula conidiógena con forma de florero, llamada fiálide; tienen una parte ensanchada en su base, un cuello terminal y un collarete. Es posible que estén directamente en la hifa vegetativa (no catenulada) o que estén en un conidióforo (conidióforo complejo) (catenulada) (Arenas, 2014, p. 29) (Figura 22).

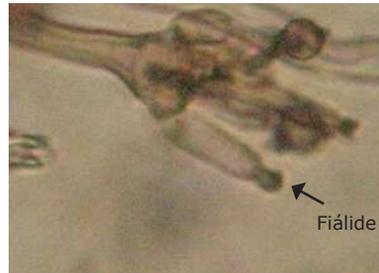


Figura 22. Fialospora.

Anelosporas: "El primer conidio se forma en la extremidad de la célula conidiógena como un simple ensanchamiento, pero cada nuevo conidio se produce por gemación a través de la cicatriz en forma de anillo que deja el conidio precedente" (Arenas, 2014, p. 30) (Figura 23).

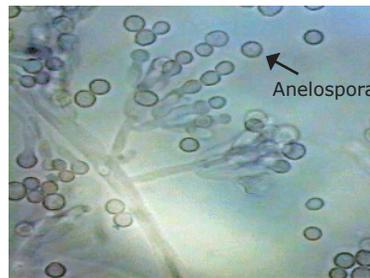


Figura 23. Anelospora.
Fuente: Kung'u, J., s.f.

Porosporas (*poroconidios*, *dictioconidias*): conidios de pared gruesa y pigmentada, con divisiones de tipo mural. También se llama dictiospora y se producen a través de un poro de la célula conidiógena. El hongo puede crecer en posición distal a partir de la cicatriz del conidio precedente y adoptar un aspecto simpodial, o el conidio puede dar lugar a nuevos conidios y constituir cadenas (Arenas, 2014, p. 30) (Figura 24).

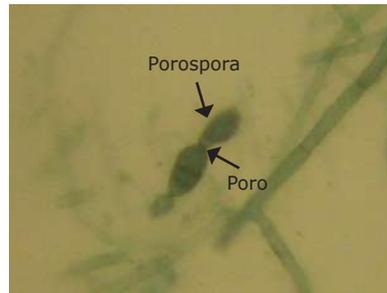


Figura 24. Porospora.

Aleurioconidios: "Se forman por simple ensanchamiento de la extremidad de la célula conidiógena, que produce un solo conidio; pueden ser unicelulares (microaleuriosporas o microconidios) o pluricelulares (macroaleuriosporas o macroconidios)" (Arenas, 2014, p. 32) (Figura 25).

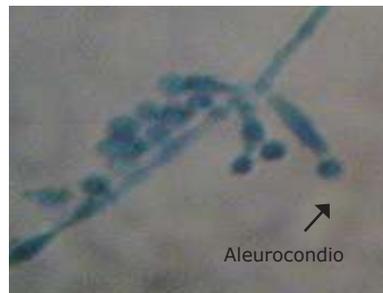


Figura 25. Aleurioconidio.

1.2.4.2 Reproducción sexual de los hongos

La reproducción sexual o perfecta de los hongos se produce por los órganos sexuales, llamados gametangios; éstos pueden formar células sexuales diferenciadas llamadas gametas, o en su lugar pueden contener uno o más núcleos gaméticos. El término isogametangia e isogametas indica gametangios y gametas que son morfológicamente iguales; heterogametangia y heterogametas indica gametangios y gametas masculinos y femeninos morfológicamente diferentes (Alexopoulos, 1979); “la gameta masculino se denomina anteridio y la femenina oogonio en los Oomycetes y ascogonio en los Ascomycetes” (Sánchez et al., 2000, p. 184).

Esta clase de reproducción tiene tres fases: plasmogamia, cariogamia y meiosis:

Inicia con la plasmogamia (fusión de membranas) de dos gametos haploides; se acercan los núcleos y posteriormente ocurre la cariogamia, formando el cigoto diploide ($2n$) y finalmente ocurre la meiosis para reestablecer la condición haploide; así que 2 núcleos haploides darán lugar a 4 nuevos núcleos recombinados haploides. Esta recombinación genética proporciona grandes ventajas para invadir o resistir en ambientes desfavorables. Algunas especies pueden “retardar” el proceso de meiosis y permanecer en una condición dicariótica ($n+n$), una forma de resistir condiciones desfavorables. La ventaja de este tipo de reproducción es el gran número de esporas que se forman, así como la rapidez con que se lleva a cabo el proceso. Los hongos filamentosos pueden reproducirse por la simple fragmentación de las hifas o mediante la formación de estructuras especializadas (**células conidiógenas o esporangios**), mientras que las levaduras se reproducen por gemación, fisión binaria o fragmentación. Las esporas de origen asexual se agrupan en: **conidios y esporangiosporas** (Uribarren et al., 2016, p. 1).

Las especies de hongos que producen órganos sexuales macho y hembra en diferentes individuos se conocen como especies dioicas. En estos casos, los órganos sexuales se producen exclusivamente en la presencia de un individuo del sexo opuesto. Existen casos en los cuales un solo individuo lleva órganos sexuales de macho y hembra, por eso se le considera hermafrodita. De hecho, es raro que los gametangios de diferentes sexos sean producidos por individuos separados (Cano, s.f. p. 1).

Un solo talo femenino o masculino no se reproduce por sí mismo (especies dioicas); otras especies no producen órganos sexuales diferenciados y su función sexual la realizan las hifas somáticas y estos talos pueden reproducirse por sí mismo o no, según sean autocompatibles o no (Arenas, 2011). Además, en esta clase de reproducción

Se pueden producir precursores y hormonas sexuales, como sirenina, anteridiol y ácidos trispóricos. La sirenina, por ejemplo, se genera en los gametos femeninos y atrae los

gametos masculinos por quimiotaxis; el anteridiol, también femenino, inicia el desarrollo de anteridios y su absorción hace que las ramas masculinas generen oogoniol (feromona cuya estructura química base es similar al colesterol), el cual estimula la producción de oogonios; por un fenómeno de pleomorfismo el hongo sufre una mutación irreversible, pierde sus órganos de reproducción y se transforma en un hongo veloso de micelio estéril (*Mycellia strerillia*) (Arenas, 2011, p. 23).

Las categorías de los hongos dependiendo de la sexualidad está relacionada en la Tabla 2 (Alexopoulus, 1979).

Tabla 2.

Categorías de los hongos dependiendo de la reproducción sexual.

| Categorías | | | |
|-----------------------------|--|-----------------------------|--|
| Sexualidad | Descripción | Compatibilidad | |
| Hermafroditas | Cada talo lleva los órganos masculinos y femeninos | Homotálicos | Aquellos en los cuales cada talo es sexualmente autoestéril y puede, por lo tanto, reproducirse sexualmente por sí mismo sin la ayuda de otro talo. |
| Dioicos | Algunos talos llevan solo los órganos masculinos y otros, solo los órganos femeninos | Heterotálicos | Aquellos en los cuales "cada talo es sexualmente autoestéril y requiere, para la reproducción sexual, otro talo compatible (de diferente tipo)" (Sobrado et al., 2013, p. 9) |
| Sexualmente indiferenciados | Se producen estructuras masculinas o femeninas sexualmente funcionales, pero morfológicamente indistinguibles entre sí | Secundariamente homotálicos | En algunos hongos heterotálicos bipolares sucede durante la formación de las esporas el siguiente mecanismo: dos núcleos de tipo de apareamiento opuestos se incorporan regularmente a cada espora. Por lo tanto, cada espora, al germinar da lugar a un talo que contiene los núcleos A y a, y por consiguiente se comporta como si fuera homotálico. Esta condición se ha considerado homotalismo secundario |

Fuente: Alexopoulus, 1979

El proceso de reproducción sexual de los hongos requiere de la unión de dos núcleos compatibles. Esta reproducción se realiza en tres fases distintas (Figura 26):

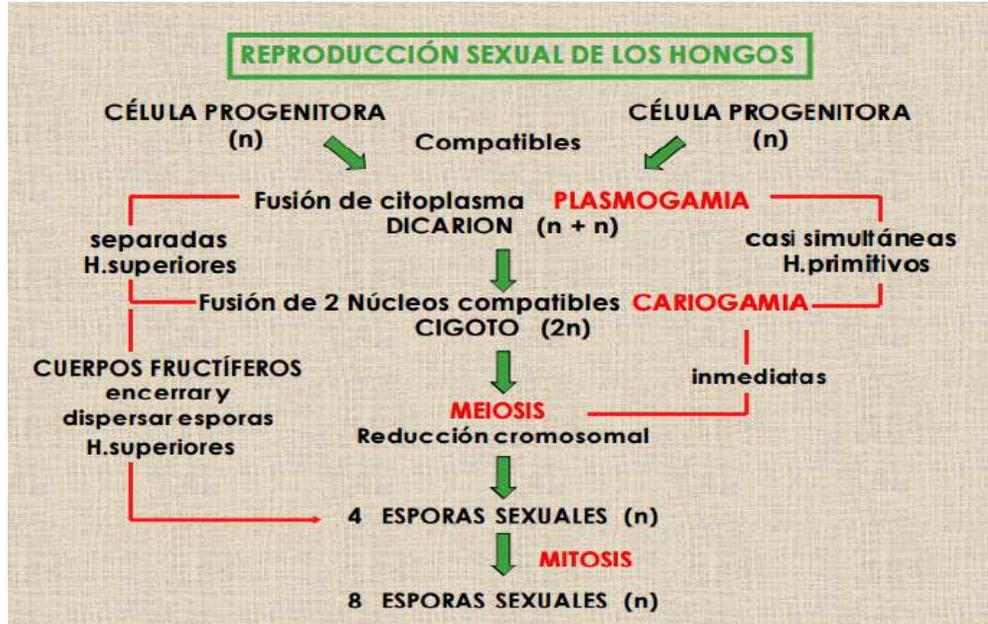


Figura 26. Reproducción sexual de los hongos.

Fuente: Fulgueira, 2013.

Plasmogamia. Es la "unión de dos protoplastos, cuyos núcleos quedan dispuestos dentro de una única célula. El par de núcleos se denomina dicarion o dicarionte" (Sobrado et al., 2013, p. 8).

Cariogamia. Los núcleos haploides aportados por ambos progenitores se fusionan y producen células diploides (Campbell y Reece, 2007).

Meiosis. Restablece la condición haploide en los cuatro núcleos que resultan de ella (Alexopoulos, 1979), en este paso se restablece el estadio haploide del núcleo (Campbell y Reece, 2007), origina 4 esporas sexuales y cada una de ellas, por mitosis, origina 2 esporas (total: 8 esporas sexuales).

Estructuras de origen sexual. Una vez cumplido el máximo desarrollo de la fase somática algunos hongos, producen estructuras de origen sexual:

- *Oosporas.* "Espora de pared gruesa que se desarrolla a través de una oófera por fecundación o por partenogénesis" (Sobrado et al., 2013, p. 9) (Figura 27).

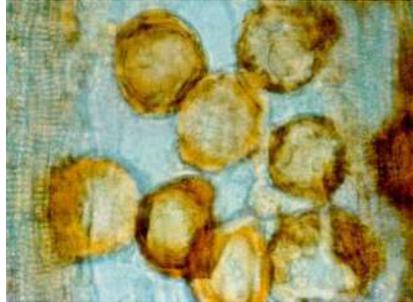


Figura 27. Oospora, estructura de origen sexual de algunos hongos.
Fuente: Salas y Díaz, 1984

- *Zygospora*. Célula común en la cual se mezclan los dos protoplastos por disolución de paredes de contacto de los dos gametangios (Alexopoulos, 1979) (Figura 28).

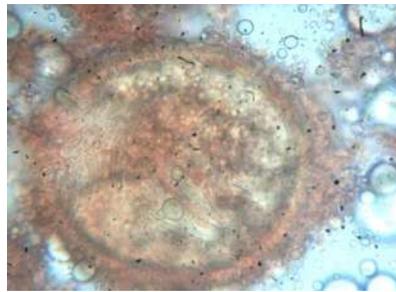


Figura 28. Zygospora, estructura de origen sexual de algunos hongos.
Fuente: Inocenti et al., 2008

Los Ascomycetes. Por esta reproducción y copulación gametangial, espermatización o somatogamia producen ascocarpos que producen las ascas donde se forman las ascosporas (su formación sirve como criterios taxonómicos para clasificarlos a nivel de órdenes) (Sánchez et al., 2000). Los ascocarpos pueden ser:

- *Ascstroma*. Ascocarpo relativamente amorfo con una o más cavidades, Posee las ascas con las ascosporas (Sánchez et al., 2000) (Figura 29).
- *Cleistotecio*. Ascocarpo más o menos globoso y completamente cerrado que se rompe para liberar las ascosporas (Sánchez et al., 2000); en la Figura 30, se observa el cleistotecio liberando ascas.

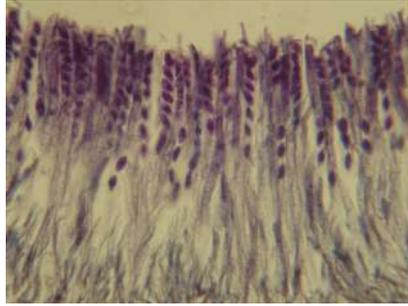


Figura 29. Ascostromas.
Fuente: Montoya, 2016

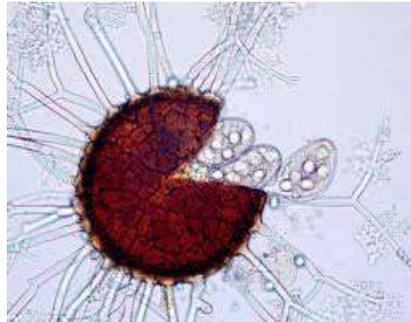


Figura 30. Cleistotecio
Fuente: Galán, s.f.

- *Peritecio*. Ascocarpo más o menos globoso y presenta cuello corto o largo, en su interior se producen las ascas; tiene una abertura conocida como ostíolo (Sánchez et al., 2000) (Figura 31).



Figura 31. Peritecio.
Fuente: Moreno et al., 2015

- *Apotecio*. Estructura en los hongos más complejos, formado por Ascocarpo semiabierto o abierto en forma de copa (Sánchez et al., 2000) (Figura 32).

En los *Basidiomycetes* las esporas sexuales se forman en una estructura conocida como basidio, que tiene forma de masa o clava, en la cual generalmente se forman cuatro basidiosporas (Sánchez et al., 2000) (Figura 33).

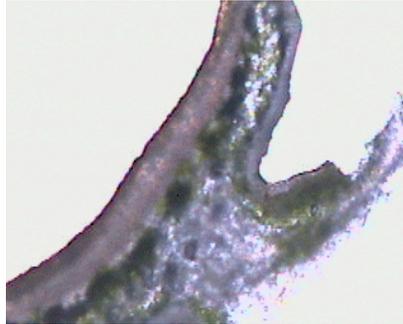


Figura 32. Apotecio.
Fuente: Tormo, 2014

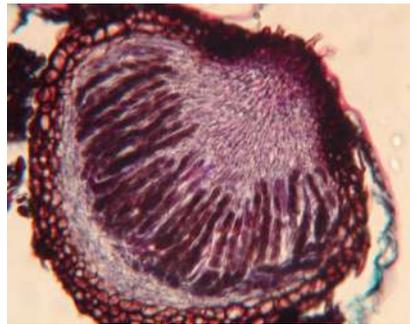


Figura 33. Basidio y basidiosporas.
Fuente: Montoya, 2016.

1.2.4.3 Necesidades fisiológicas de los hongos

Los hongos comparados con otros microorganismos tienen la capacidad de adaptarse con mayor facilidad a condiciones más adversas y severas del ambiente (Montoya, 2008); hay medios de cultivos para hongos sintéticos y naturales.

Medios sintéticos son medios donde los hongos deben encontrar lo necesario para su crecimiento y desarrollo; tienen composición química definida, por ejemplo:

- Agar Sabouraud. Contiene glucosa y peptona modificada, pH ácido para favorecer el crecimiento de los hongos y evitar la contaminación por bacterias; en este medio se cultivan hongos saprófitos y patógenos.
- Agar Mycocel. A este medio se le adicionan antibióticos como el cloranfenicol y la ciclohexidina, que impide el crecimiento de hongos saprófitos y bacterias, y permite el desarrollo óptimo de los hongos dermatofitos.
- Agar Czapek-Dox. A su composición normal se le adicionan determinadas cantidades de estreptomycin y aureomicina, según el caso, para inhibir el crecimiento bacteriano (Montoya, 2008).

“Si se quiere aislar los mohos, resulta muy práctico usar un medio de cultivo que favorezca su desarrollo, pero que no sea óptimo para las bacterias. Medios ácidos (pH 5,6) con concentraciones relativamente elevadas de azúcar” (Castillo, s.f. p. 1).

El medio de cultivo agar papa-dextrosa (PDA) es un medio de cultivo natural para el crecimiento de la mayoría de los hongos. Este medio permite el crecimiento micelial, también proporciona la formación de estructuras reproductivas mucho más rápido que los medios sintéticos; el medio aporta nutrientes necesarios para el crecimiento de hongos ya que mediante las enzimas amilasas los hongos descomponen el almidón de papa en glucosa útil para el metabolismo del hongo (Bustillos, 2016, p. 1).

“La fermentación de azúcares es una característica importante para diferenciar levaduras, también es conveniente el método de utilización de azúcares y materias nitrogenadas en anaerobiosis. Estos también pueden utilizarse en hongos filamentosos” (Moral, 2014, p. 2).

Por otra parte, como *medios naturales*

Pueden utilizarse trozos o infusiones de frutas, vegetales, granos de cereales o tejidos animales; estos medios varían mucho en su composición y no son ampliamente reproducibles ni de amplio uso; de amplio uso para el cultivo de hongos, es una infusión de maíz al que se le adiciona agar y glucosa; otro medio de cultivo para mohos y levaduras contiene infusión de papa y glucosa (Montoya, 2008, p. 166).

Para obtener la esporulación sexual o asexual es preferible utilizar medios naturales gelosados como papa, zanahoria o extracto de malta. Muchos hongos necesitan vitaminas; estas se encuentran en las impurezas de la peptona y del azúcar; en ocasiones conviene utilizar medios enriquecidos con vitaminas específicas. La forma de levadura de los hongos filamentosos se obtiene en medios con sangre o huevo (Arenas, 2011, p. 22 y 23).

1.2.5 Factores ambientales que influyen en el crecimiento de los hongos

Temperatura: según Sánchez et al. (2000) cuando aumenta la temperatura el crecimiento del hongo se acelera porque las reacciones enzimáticas y químicas de la célula se producen a ritmo más rápido; sin embargo, las proteínas, ácidos nucleicos y otros componentes celulares pueden quedar inactivos irreversiblemente por ser sensibles a las altas temperaturas. En los hongos por debajo de 0°C sus células pueden sobrevivir en estado de latencia como estructuras de resistencia tipo clamidosporas, esclerocios o estromas; por encima de 40°C muchos detienen su crecimiento y pueden morir. De acuerdo con los rangos dentro de los cuales pueden crecer los hongos se pueden clasificar en:

- Psicrófilos o criófilos. Hongos que pueden crecer a temperatura de 0°C.
- Mesófilos. Hongos que crecen a temperaturas entre 25 y 40°C.
- Termófilos. Hongos que crecen por encima de los 45 y 50°C.

El estudio ecológico de organismos que viven en manantiales calientes ha demostrado que las velocidades de crecimiento son sorprendentemente altas, poseen estructura muy fina donde sus enzimas y demás proteínas son más resistentes al calor que las de los mesófilos y tienen la membrana celular compuesta de lípidos ricos en ácidos grasos saturados, los cuales permiten a las membranas permanecer estables y funcionales a temperaturas elevadas. Unos pocos hongos se desarrollan a temperaturas de 40-50°C, nivel en el cual su crecimiento óptimo está por encima de 40°C; entre ellos el *Penicillium dupontii*, que crece bien entre 40 y 47°C pero pobremente por debajo de 40°C; especies de *Chaetomium* crecen a temperaturas óptimas de 50°C con habilidad para desarrollarse aun a 60°C (Sánchez et al., 2000).

“La temperatura ambiente de 20 a 30°C permite el desarrollo de casi todos los hongos, en especial los parásitos superficiales; para los parásitos de mucosas y órganos profundos conviene temperaturas de 30 a 37 °C” (Arenas, 2011, p. 23).

Agua:

La cantidad varía en los diferentes ambientes, sin embargo, la disponibilidad no depende solamente del contenido, sino que es una función compleja de factores de absorción y disolución y se puede expresar como *actividad del agua* y está relacionada con la presión de vapor de agua contenida en el aire sobre una solución o sustancia; se calcula midiendo la humedad relativa y se da en términos de porcentaje. Para que una espora germine se precisa de humedad relativa ambiental alta, en la mayoría de los hongos, superior al 70%, la cual normalmente tiene lugar después de las lluvias. Como agua libre es un factor ambiental que afecta a los hongos; la cantidad de agua influye sobre la disponibilidad de nutrientes y la concentración de sustancias tóxicas; afectan la morfogénesis, la naturaleza, el tamaño, el grado de ramificación de las hifas y la intensidad de esporulación y en ocasiones el tipo de reproducción. Los hongos se consideran como estrictamente aerobios, aunque muchos de ellos son capaces de crecer en tensiones bajas de oxígeno de ambientes subterráneos (Sánchez et al., 2000, p. 183).

Potencial de hidrógeno (pH):

El pH del substrato puede obtener una importante influencia en la ecología de los hongos; los hongos muestran mejor actividad en condiciones de acidez. Para los hongos del suelo, el pH afecta su desarrollo y fructificación; la gran mayoría encuentra su óptimo en suelos con valores de pH que están entre 4 y 6, es decir ácidos (Sánchez et al., 2000, p. 183).

Oxígeno: los hongos verdaderos y en especial el grupo patógeno para el hombre son aerobios, sin embargo, su crecimiento en atmósferas en que el oxígeno esté disminuido no se afecta. Por el contrario, una atmósfera de oxígeno puro limita considerablemente el crecimiento, pero sin llegar nunca a inhibirlo completamente (Guzmán, 1977).

Luz:

La luz, sobre todo la luz azul, regula muchos aspectos del desarrollo de los hongos. En muchos hongos la luz regula la germinación de las esporas, la ramificación de las hifas, y el desarrollo sexual y asexual, incluyendo la aparición de cuerpos fructíferos. Además, la luz regula muchas rutas metabólicas, como la síntesis del pigmento beta-caroteno, y la dirección de su crecimiento, como ocurre durante el fototropismo de los cuerpos fructíferos (Corrochano, 2014, p. 35).

“La luz es esencial para la esporulación de muchas especies. El fenómeno, observado en los laboratorios, de la alternancia de áreas esporulantes y no esporulantes parece ser causado por los cambios de luz y oscuridad” (Sánchez et al., 2000, p. 183).

Dióxido de carbono (CO₂): en el dimorfismo cuando un hongo existe como moho, pero al estado parasitario se presentan como levadura, la forma de moho es infectante, la forma de levadura no. En el laboratorio la forma de levadura se obtiene por simples cambios de temperatura: a 27 °C crece como moho, a 37°C crece como levadura (Guzmán, 1977).

1.2.6 Nutrición y crecimiento de los hongos

Nutrición según Sánchez et al. (2000)

Los hongos necesitan elementos esenciales como activadores o constituyentes de las enzimas. El efecto de su carencia o bajos suministros se manifiesta con reducción en el crecimiento y en la esporulación; o también en incremento o reducción de varias de sus enzimas o metabolitos de sus células. Los elementos esenciales son de dos clases: no metálicos, como hidrógeno, carbono, nitrógeno, oxígeno, fósforo y azufre, y metálicos, como potasio, magnesio, hierro, zinc, manganeso, cobre, molibdeno y calcio (p. 173).

Los hongos dependen del medio o sustrato para tomar todos los elementos y compuestos que requieren para crecer, excepto el oxígeno molecular y pequeñas cantidades de dióxido de carbono que obtienen de la naturaleza. Ninguna sustancia puede entrar o salir de la célula sin que esté sujeta a reglas que son inherentes a la naturaleza de la membrana celular, cuya principal función es la regulación del paso de los elementos que toma del medio para sintetizar sus compuestos celulares y obtener la energía necesaria para sus procesos metabólicos (Sánchez et al., 2000, p.178).

Crecimiento:

Se puede medir en aumento de masa celular o en el número de células, ambas formas simultáneamente; su potencialidad depende de la composición del medio y de las condiciones ambientales a las que está expuesto. Si un hongo crece en un medio líquido que contiene todos los nutrientes esenciales, el peso seco puede ser graficado contra el tiempo obteniéndose una curva que presenta las siguientes fases:

Fase lag o retardada. El hongo inoculado en un medio nuevo no se multiplica inmediatamente, la población permanece sin cambios durante un tiempo; en este caso las células individuales aumentan su tamaño, fisiológicamente son más activas y sintetizan nuevo protoplasma. La célula en el nuevo medio puede ser deficitaria en enzimas o coenzimas, las cuales han de sintetizar en primer lugar en cantidades necesarias para el funcionamiento óptimo del mecanismo químico de la célula.

Fase logarítmica o exponencial. La velocidad de crecimiento es máxima, la población en cuanto a composición, actividad metabólica y otras características fisiológicas es casi uniforme. La acumulación de micelio en peso seco es máxima.

Fase estacionaria. La fase exponencial comienza a decaer en forma gradual, llegando a un estado de suspensión del crecimiento, atribuible entre otros al agotamiento de los nutrientes y en parte a la acumulación de sustancias tóxicas.

Fase de autólisis o de muerte. En general el agotamiento de elementos nutritivos esenciales y la acumulación de subproductos tóxicos en concentraciones inhibitorias son suficientes para explicar esta fase (Sánchez et al., 2000, p.180).

La tasa de crecimiento medida durante la fase exponencial es conocida como tasa específica de crecimiento y es influenciada por el tipo de hongo y las condiciones ambientales empleadas (Sánchez et al., 2000, p.180,) (Figura 34).

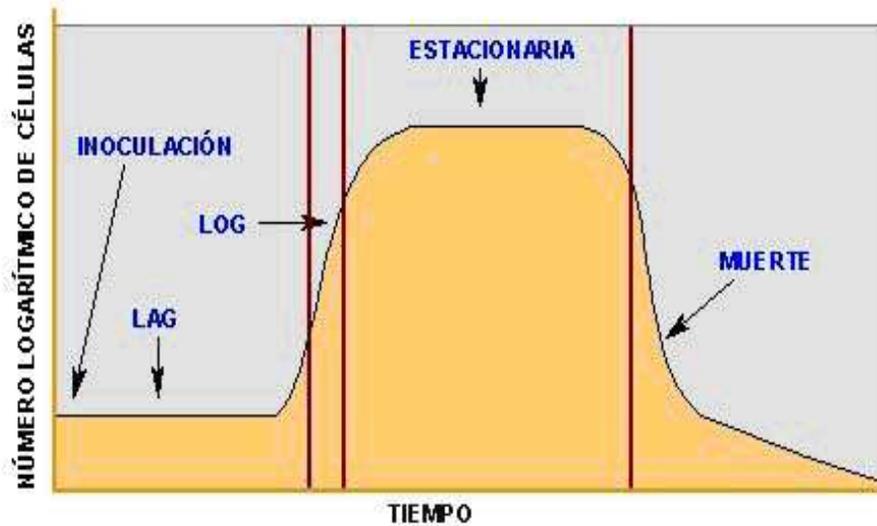


Figura 34. Fases de desarrollo de un microorganismo.

Fuente: Piña, s.f.

- A. Fase lag o retardada.
- B. Fase logarítmica o exponencial.
- C. Fase estacionaria.
- D. Fase de autólisis o de muerte.

El crecimiento de hongos filamentosos es más difícil de determinar en medio líquido agitado (puede ser similar al de bacterias), excepto que la fase logarítmica es reemplazada por una fase aproximadamente lineal. Como el crecimiento es una función

de las puntas de hifas y no de cada célula individual, el crecimiento en medio líquido agitado es globoso. En un medio líquido estacionario se necesita que el hongo flote o le faltará oxígeno. Crece sobre la superficie con poca extensión dentro del medio y varía considerablemente el crecimiento aéreo. Sobre el medio sólido se observa el ritmo de avance del hongo, el cual es constante y uniforme para los de crecimiento indefinido o no estancable; cuando este crecimiento no es uniforme y se detiene, se denomina crecimiento definido o estancable. El ritmo de estos crecimientos puede variar cuando los factores ambientales no son propicios. El incremento promedio puede ir en descenso cuando la temperatura es mayor que la óptima, o puede aumentar cuando el inóculo original proviene de un cultivo a diferente temperatura (French y Hebert, 1980).

Medición del crecimiento del hongo unicelular: según Sánchez et al., 2000, hay que tener en cuenta si se aplica a hongos unicelulares o recuento de conidias o esporas y para hongos filamentosos, puede ser medido en términos de: número de células, crecimiento lineal de las colonias, masa micelial, volumen, actividad metabólica y cantidad de algunos constituyentes.

- *Número de células.* De un hongo bien esporulado se prepara la solución madre con agua destilada estéril (se remueven las esporas del cultivo con la ayuda de un rastrillo bacteriológico, adicionando agua con Tween 80 al 0,1% hasta un volumen conocido). A partir de la solución madre se hacen diluciones (por ejemplo: se toman varios tubos de ensayo taparroscas estériles, dependiendo del número de diluciones a preparar, a cada tubo de ensayo se le adiciona 9 mL de agua destilada estéril y al tubo 1 se le adiciona 1 mL de la solución madre, se agita bien al vórtex:

quedando de esta manera preparada la dilución 10^{-1} , se repite el procedimiento llevando 1 mL de la dilución 10^{-1} a otro tubo con 9 mL de agua destilada estéril (dilución 10^{-2}) y así sucesivamente hasta obtener la dilución que permita el conteo para estimar el número de esporas por mililitro de la suspensión (Vélez et al., 1997, p. 7). (Figura 35).

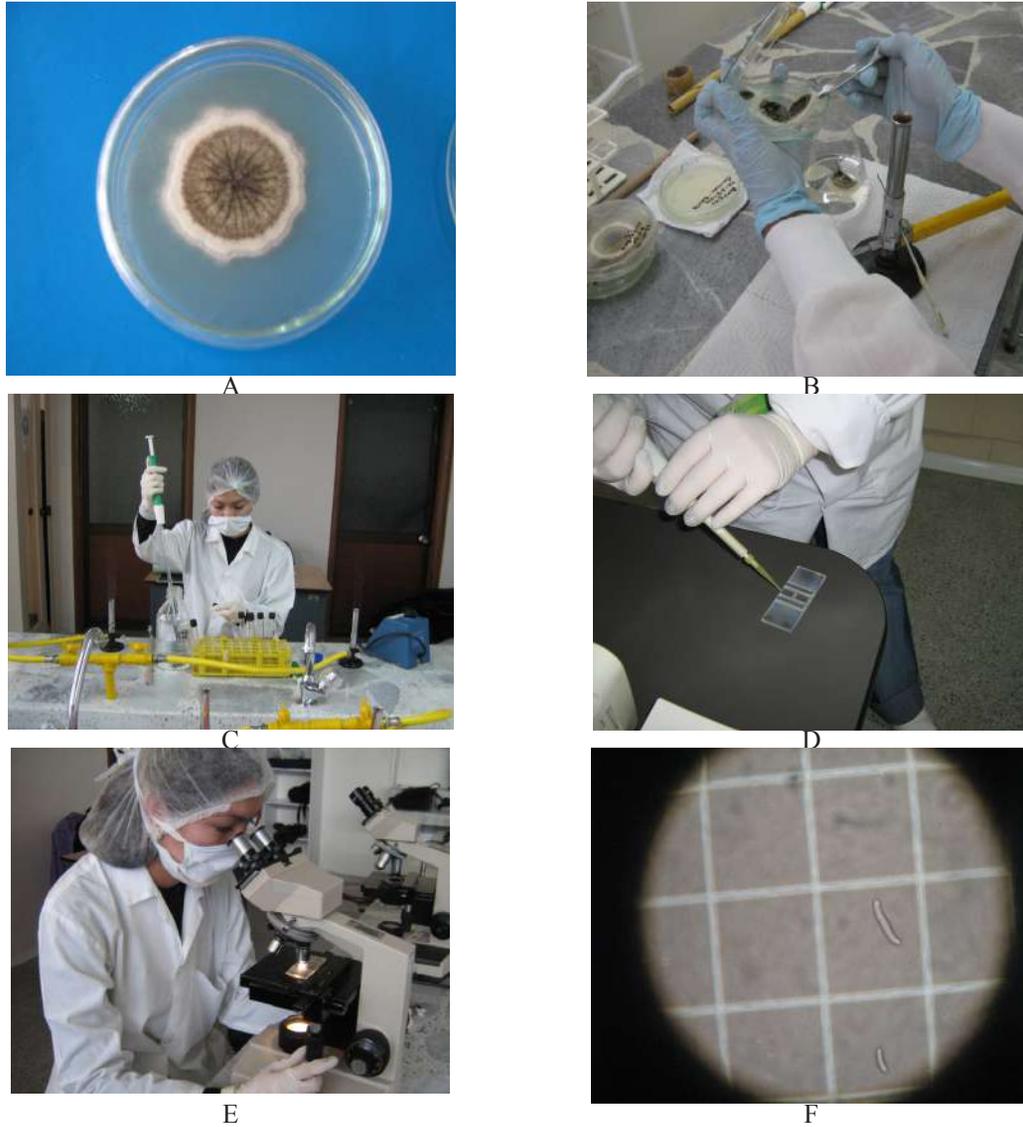


Figura 35. Recuento de células con hemocitómetro o cámara de Neubauer.

A. Hongo esporulado

C. Preparación de diluciones

E. Llenado del hemocitómetro o cámara de Neubauer

B. Preparación de la solución madre

D. Preparación de diluciones

F. Observación al microscopio

Para el recuento de esporas se utiliza el hemocitómetro o cámara de Neubauer (la cámara está dividida en 2 retículos y cada uno se subdivide en 9 cuadrados de 1 mm² cada uno, o sea que cada retículo tiene una superficie total de 9 mm². El cuadrado central aparece de nuevo subdividido en 25 cuadrantes y estos en 16 cuadrantes más pequeños (Vélez et al., 1997, p. 8) (Figura 36).

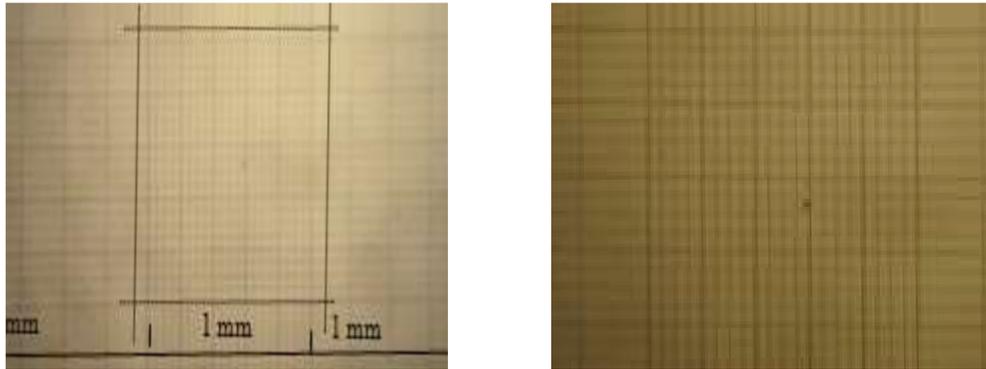


Figura 36. Cámara de Neubauer o Hemocitómetro.

- A. Cuadrantes centrales de la cámara de Neubauer o Hemocitómetro.
- B. Esporas en la cámara de Neubauer o Hemocitómetro

“El recuento se determina sumando el total de esporas presentes en los 25 cuadrantes centrales de la cámara” (Vélez et al., 1997, p. 9) (400 sub-cuadrantes). A cada submuestra se le realiza tres veces este procedimiento para un total de 6 lecturas.

La concentración de esporas se calcula multiplicando el promedio del número de esporas obtenido por el inverso de la dilución empleada (por ejemplo 10^{-3} , si es la escogida para el recuento de esporas), o sea 10^3 y por el inverso del factor de cámara (factor de cámara: 10^{-4} mL) que es 10^4 . Inverso de la dilución empleada (por ejemplo 10^{-3} , es la escogida para el recuento de esporas), o sea 10^3 y por el inverso del factor de cámara (factor de cámara: 10^{-4} mL) que es 10^4 (Vélez et al., 1997, p. 9).

El volumen en mm³ de cada uno de los cuadrantes es el siguiente:

Volumen = ancho x largo x profundidad.

$V = 1\text{mm} \times 1\text{mm} \times 1\text{mm} = 0,1 \text{mm}^3$ (Volumen del cuadrante en el cual se realiza el conteo de esporas).

El número de esporas se obtiene en mL, por tanto, se debe realizar la conversión de mm^3 a mL, entonces:

Si N es el número promedio de esporas por cuadrante, entonces la concentración que se desea conocer (C), se estima de la siguiente manera:

$$\frac{1 \text{ mL} - 10^3 \text{ mm}^3 \times 1 \text{ mL} \times 0,1 \text{ mm}^3}{X - 0,1 \text{ mm}^3 10^3 \text{ mm}^3} = 0,1 \times 10^3$$

$$X = 10^{-1} \times 10^{-3} = 10^{-4} \text{ mL (Factor de cámara)}$$

$$C = N \times \text{Dilución empleada} \times \text{Factor de cámara (Vélez et al., 1997, p. 9).}$$

Crecimiento en tubos: los tubos de crecimiento proporcional, se fabrican en tubos de Pirex de 13 mm de diámetro interno y 40 cm de largo. Los 5 cm finales en ambos extremos se doblan hacia arriba a un ángulo de 45 grados. Se llenan hasta la mitad con medio nutritivo y se taponan ambos extremos con algodón, para que exista una aireación a la que ocurre en los tubos con dique de una sola abertura. El crecimiento se canaliza en una franja estrecha de medio, de unos 30 cm de largo, condición superior (French y Hebert, 1980).

Medida de la turbidez: una suspensión celular turbia se debe a que las células dispersan la luz que atraviesa la suspensión (Orozco, 2010, p. 1); cuantas más células haya más luz se dispersa y más turbia aparece la suspensión. La turbidez puede medirse con un fotómetro o un espectrofotómetro, que hacen pasar la luz a través de una suspensión celular y detectan la cantidad de luz no dispersada, empleando un prisma o red de difracción para generar luz incidente de banda estrecha, expresando los resultados en unidades fotométricas (por ejemplo, unidades de densidad óptica (DO) (Madigan et al., 1999).

Medición del crecimiento de hongos filamentosos. Los siguientes métodos pueden ser aplicados para la medición del crecimiento de hongos filamentosos: determinación en peso seco, determinación de actividad metabólica mediante la medición de algún componente producido en el medio, estimación visual del crecimiento y medición lineal de colonias.

Determinación de la biomasa del hongo en peso seco: se considera el método más exacto para medir el crecimiento, pero tiene la desventaja que destruye al organismo y para realizar mediciones periódicas es necesario comenzar con muchos cultivos. Se cultiva el microorganismo en medio líquido, con agitación permanente para que la

aireación sea adecuada, se separa por filtración o centrifugación y el precipitado se seca en un horno a 70-80°C (French y Hebert, 1980) (Figura 37).

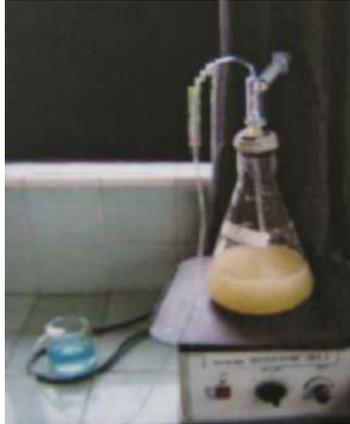
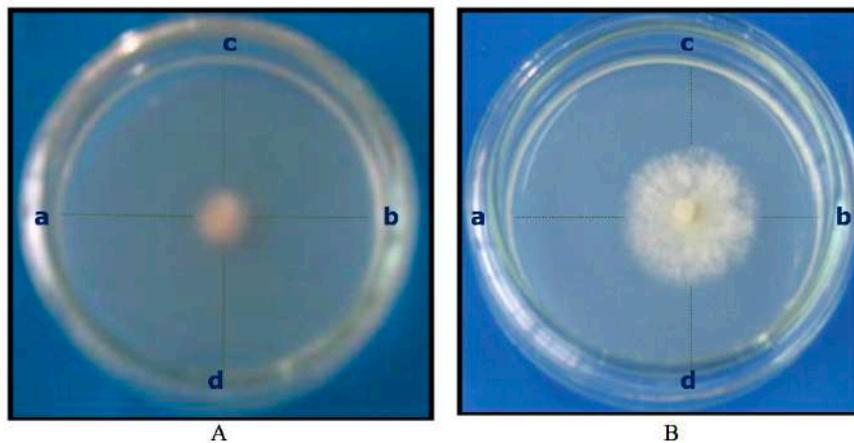


Figura 37. Determinación de la biomasa del hongo.
Fuente: Delgado, 2016

Estimación visual del crecimiento: se dibuja sobre el envés de la caja una cruz marcando el centro; se marcan los cuatro radios con una letra. Se inocula el centro del medio con el hongo; se incuba hasta que se observe un avance definitivo del hongo y se marca el punto de avance sobre los cuatro radios marcados en la caja; en ese momento se da inicio al estudio del crecimiento, a intervalos apropiados de tiempo (French y Hebert, 1980) (Figura 38).



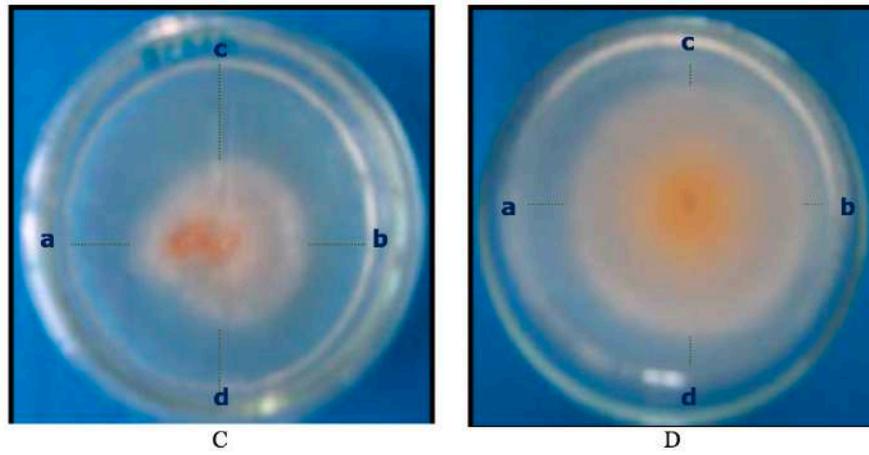


Figura 38. Medición del crecimiento del hongo en caja de Petri.

- A. Marcas con cuatros radios de medición.
- B. Hongo en el centro.
- C. Avance del hongo.
- D. avance del hongo a intervalos iguales de tiempo

Las cifras de incremento permitirán construir una curva de crecimiento a través del tiempo. El ritmo promedio de crecimiento se calcula dividiendo el incremento total por el tiempo. Cada radio representa una observación y se recomienda realizar unas 20 observaciones por condición en estudio (5 cajas de Petri) (French y Hebert, 1980).

Medición lineal: todo microorganismo que crece uniformemente sobre medio sólido, se puede medir linealmente, a intervalos para establecer el ritmo de crecimiento. Para hongos filamentosos se puede hacer en tubos de crecimiento proporcional y los tubos con dique (French y Hebert, 1980).

1.2.7 Clasificación de los hongos

El estado actual de los sistemas de clasificación todavía es inestable. Aun los sistemas de clasificación considerados como más modernos y en su mayor parte naturales, son artificiales en algunos aspectos, especialmente en lo que respecta a ciertos campos, como es la micología (Montes et al., 2003, p. 221).

“Las diferencias de opinión entre los micólogos sobre la clasificación son numerosas y a menudo tan grandes que en la literatura se encuentran discrepancias” (Montes et al., 2003, p. 216).

La taxonomía de los hongos es una disciplina dinámica y progresiva, que constantemente requiere cambios en su nomenclatura y que puede con frecuencia ser confusa y difícil de interpretar, más aún para quienes no están involucrados con esta problemática. Además, la variación fenotípica de muchas especies de hongos, como respuesta a las condiciones ambientales, conduce a identificaciones imprecisas, sobre todo porque su ubicación taxonómica ha estado basada principalmente en comparaciones morfológicas (Romero, 2007, p. 66).

Hay muchas claves disponibles y diferentes utilizadas para clasificar los hongos, según Arenas (2014) se utilizan criterios morfológicos y características de estructuras reproductivas sexuales, sin necesidad de tener en cuenta aspectos bioquímica y fisiológicos, excepto en levaduras, donde sí son importantes: actualmente las técnicas moleculares han permitido mejorar la clasificación de los hongos y las relaciones filogenéticas.

Según Arenas (2011) y Agrios (1995)

La clasificación general de los hongos partía de dos grandes grupos: 1) Myxomycota, en el que se encontraban los mohos mucilaginosos sin pared celular, y 2) Eumycota, que comprendía los hongos verdaderos con pared. En los Myxomycota se agrupaban los filos Acrasiomycota, Hidromyxomycota, Myxomycota, Plasmodiophoromycota. Mientras en los Eumycota se agruparon los filos Mastigomycota (ahora Chytridiomycota), Zygomycota, Ascomycota y Basidiomycota (Montes et al., 2003, p. 216).

Los criterios según los cuales se clasifican a los hongos, (es decir, se disponen metódicamente, según una jerarquía, en Reino, Divisiones, Clases, Ordenes, Familias, Géneros y especies) están todavía sujetos a discusión, por lo que no existe una clasificación definitiva y aceptada por todos. Las modernas clasificaciones tienen muy en cuenta las características microscópicas y, además, los recientes trabajos sobre biología molecular han provocado profundos cambios en la taxonomía (ciencia que ordena, clasifica y describe los seres vivos) de los hongos. Como todos los seres vivos, los hongos se nombran de acuerdo con la nomenclatura de Linneo. Por tanto, cada individuo se denomina, en primer lugar, con el nombre del género al que pertenece y el segundo término indica la especie (Alonso, s.f. p. 21).

Los hongos se dividen en verdaderos e imperfectos, los hongos verdaderos se clasifican en cinco phyla (Romero, 2007), se relacionan en la Tabla 3.

Tabla3.
Clasificación de los hongos

| Hongo | Phyla | Característica |
|-------------|-----------------|--|
| Verdaderos | Chytridiomycota | "Se encuentran en ambientes acuáticos y terrestres y se consideran los más primitivos, por ser el único grupo dentro del reino Fungi que conserva las esporas móviles (flageladas) en alguna etapa de su ciclo de vida, que además son utilizadas para fines reproductivos" (Romero, 2007, p. 72). |
| | Zygomycota | "Son cenocíticos inicialmente y se caracterizan por la formación de una espora de paredes gruesas, resultado de su reproducción sexual" (Romero, 2007, p. 72). "Las esporas de los Zygomycota pueden presentar sustancias poliméricas, que le permiten a la espora resistir condiciones adversas y recuperar la viabilidad cuando las condiciones son propicias" (Grisales, 2017, p. 1). "Comprende un grupo diverso de taxones que incluye saprobios del suelo (Mucorales) y simbiontes de artrópodos (Trichomycetes)" (Romero, 2007, p. 72). |
| | Glomeromycota | "Forman endomicorrizas con la mayoría de las plantas vasculares y presentan una gran producción de esporas asexuales. Se considera un phylum separado, recientemente segregado de los Zygomycota" (Schüßler et al., 2001, citado por Romero, 2007, p. 72); "no presentan reproducción sexual (Romero, 2007, p. 72). "El carácter taxonómico relevante del grupo es la generación de esporas multinucleadas para la reproducción sexual" (Grisales, 2017, p. 1). |
| | Ascomycota | Grupo amplio que incluye los mohos, así como las levaduras; los hongos que componen la mayoría de los líquenes pertenecen a este grupo. Nuevos mecanismos para la formación de conidios y meiosporas, y para la descarga de las balistosporas, han evolucionado en los Ascomycota y Basidiomycota. La subestructura de la pared de las ascas, especialmente en el ápice, tiene valor sistemático en los altos niveles taxonómicos (Romero, 2007, p. 72). |
| | Basidiomycota | "Grupo amplio y heterogéneo que incluye hongos venenosos, de repisa, gelatinosos, bolas explotadoras, estrellas de tierra, cornetas apestosas, las royas y los carbones. Los Ascomycota y Basidiomycota son generalmente resueltos como un grupo monofilético, por lo que se consideran grupos hermanos" (Romero, 2007, p. 72). "Ambos se caracterizan por la producción de un estado dicariótico en su ciclo de vida, aunque con ciertas diferencias" (Romero, 2007, p. 72). |
| Imperfectos | | Se les conoce también como fungi imperfecti, Deuteromycota u hongos mitospóricos. Se caracterizan porque su reproducción sexual no ha sido encontrada; sin embargo, se les asocia con especies tanto de Ascomycota como de Basidiomycota, cuando se comparan las esporas y secuencias de DNA (Romero, 2007). |

Una clasificación simplificada de hongos es la siguiente:

- *Hongos inferiores.* Son los hongos que forman un plasmodio o una estructura parecida a éste y los que forman un micelio

Se caracterizan por presentar filamentos gruesos cenocíticos o no tabicados, multiplicación asexual por esporas endógenas y reproducción sexual por oosporas o cigosporas. Hay algunos hongos que se colocan como zigomicetos no clasificados que tienen ciclo de vida reducida con esporulación como *Rhinosporidium seeberii* y *Pneumocystis carinii* (Arenas, 2011, p. 35).

- *Hongos superiores.*

Presentan filamentos tabicados y multiplicación asexual por esporas externas (conidios), aisladas o en cadenas, dispuestas en conidióforos. La reproducción sexual ocurre por fusión de dos esporas de sexos diferentes con formación de una fase binucleada o dicariota, esta división se denomina Dikaryomycota y el estado anamorfo, Deuteromycota (*Fungi imperfecti*). Los núcleos del filamento binucleado se fusionan y dan lugar a un huevo que después de la reducción cromática produce basidios con cuatro basidiosporas (Basidiomycota), o ascas, que a su vez tienen cuatro a ocho ascosporas (Ascomycota) y su germinación se da en un filamento haploide (micelio) o en una célula germinante (levadura) (Arenas, 2011, p. 35, 36).

A veces la clasificación de los hongos está basada principalmente en las características de las esporas sexuales y de los cuerpos fructíferos presentes durante los estadios sexuales de su ciclo biológico. Los hongos con un estado sexual conocido se denominan Hongos perfectos. Los hongos sin estados sexuales conocidos son denominados Hongos imperfectos deben utilizarse en su clasificación otras características distintas. Entre ellas figura la morfología de sus esporas asexuales y de los micelios (Pulido, 2014, p. 1).

La morfología de las esporas, su tamaño y el modo de esporulación son las características principales para clasificar e identificar a los hongos (Delgado et al., 1994) (Figura 39).

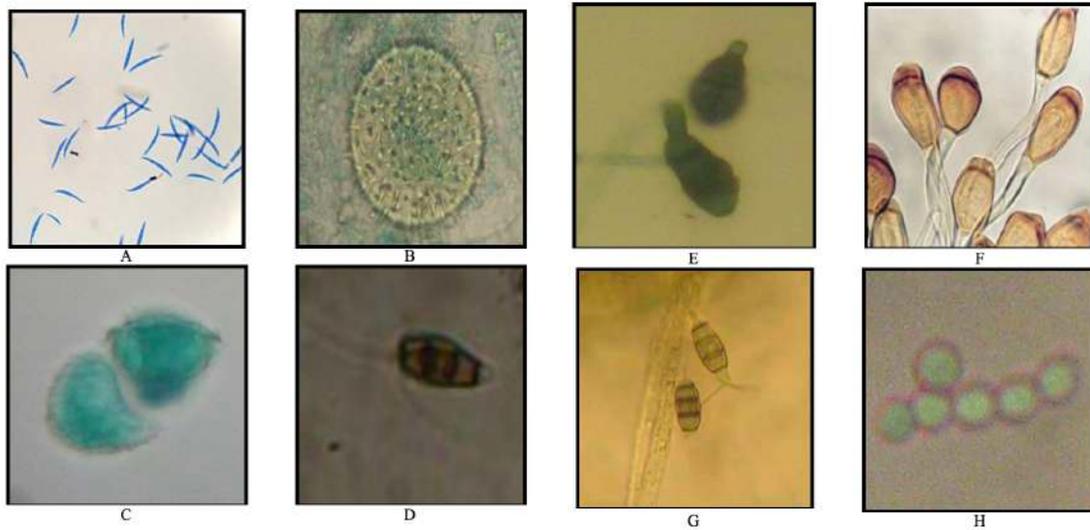


Figura 39. Diferentes formas de esporas.

Fuente: A y B: Montoya, 2016

F: García et al., 2008

G: Martínez, 2008

- A. Esporas fusiformes
- B. Esporas esféricas equinuladas
- C. Esporas en forma de media luna, lisa en la parte ventral y verrugas en la dorsal
- D. Esporas en forma de granada septos transversales
- E. Esporas en forma de granada reticuladas
- F. Esporas con largos pedicelos hialinos y gelatinizados.
- G. Esporas fusiformes, tabicadas y con apéndices apicales
- H. Esporas globosas

Se hacen indispensables los estudios moleculares de los microorganismos fúngicos de manera parasitaria o en cultivo. Las técnicas de biología molecular han permitido mejorar la clasificación de los hongos y el conocimiento de sus relaciones filogenéticas; algunas de estas técnicas disponibles hoy en día son: cariotipo electroforético, polimorfismo de longitud de fragmentos de restricción (RFLP), hibridación Southern y Northern, análisis del polimorfismo del DNA amplificado con cebadores arbitrarios (RAPD), reacción en

cadena de la polimerasa (PCR)), reacción en cadena de la polimerasa cuantitativa o PCR en tiempo real, polimorfismo de longitud de fragmento amplificado (AFLP), microarreglos, polimorfismo de nucleótido único (SNP), tipificación de secuencia multilocus (MLST), etc., con las que se compara no solo genes sino el genoma completo (Arenas, 2011).

Actualmente se hacen necesarios los estudios moleculares de los hongos parasitarios o en cultivo para su identificación; las técnicas de secuenciación del ADN han permitido mejorar la identificación y las relaciones filogenéticas de los hongos y entre los métodos utilizados están: cariotipo electroforético, polimorfismo de longitud de fragmentos de restricción (RFLP, del inglés *restriction fragment length polymorphism*), hibridación Southern y Northern, análisis del polimorfismo del DNA amplificado con cebadores arbitrarios (RAPD, del inglés *random amplified polymorphic-DNA*), reacción en cadena de la polimerasa (PCR, del inglés *polymerase chain reaction*), reacción en cadena de la polimerasa cuantitativa o PCR en tiempo real (qPCR [o Q-PCR], del inglés *quantitative polymerase chain reaction*), polimorfismo de longitud de fragmento amplificado (AFLP, del inglés *amplified fragment length polymorphism*), microarreglos, polimorfismo de nucleótido único (SNP, del inglés *single nucleotide polymorphysm*), tipificación de secuencia multilocus (MLST, del inglés *multilocus sequence typing*), microarreglos de DNA o chips de DNA (*DNA microarrays*), secuenciación de DNA y análisis de longitud de fragmento de espaciador transcrito interno de las regiones 1 y 2 (del inglés *fragment length analysis of internally transcribed spacer 1 and 2 region*) y con las técnicas disponibles hoy día, es posible la comparación no solo de genes, sino del genoma completo (Arenas, 2014).

1.2.8 Aislamiento de hongos

Las técnicas en micología son en general simples para: aislar el hongo, la toma, manipulación, transporte, procesamiento y siembra para el estudio microbiológico del mismo.

1.2.8.1 Aislamiento de hongos de muestras clínicas

Toma de muestra. Se debe hacer antes de que se realice cualquier tratamiento y hay que tener en cuenta todas las condiciones de asepsia y contenedores adecuados para recogerlas. Un ejemplo se observa en la Figura 40.



Figura 40. Toma de muestra y contenedor adecuado para recogerla.

Manipulación de la muestra: una vez obtenida la muestra a analizar debe llegar al laboratorio adecuado para tal fin. Esta etapa es especialmente delicada para las muestras de sangre debido a la fragilidad de las células sanguíneas. Durante la manipulación de las muestras se debe tener mucho cuidado para evitar pérdidas, derrames, cambios de rótulos, roturas de tubos, etc., con el consiguiente trastorno para el paciente; se deben utilizar todos los implementos de bioseguridad (Prieto et al., 2000).

Transporte de muestra: el laboratorio donde se va a realizar el análisis de una muestra puede estar alejado del centro de extracción o recogida de la misma; ellas pueden ser obtenidas en otra sección del centro sanitario, deben ser transportadas al laboratorio de dicho centro por un sistema de tubos neumáticos (compartimentos de plástico forrados de goma de espuma, de unos 10 cm de longitud y con capacidad para varias muestras, que desplazan a lo largo de un complejo de tuberías desde las diferentes secciones de toma de muestras al laboratorio donde se va a procesar) o en mano; también se utiliza el sistema de entrega en mano, donde una persona se encarga de recoger las muestras extraídas en una sección y llevarlas al laboratorio). Si las muestras son tomadas en áreas ubicadas fuera del centro, se utilizan cajas de transporte resistentes a golpes y reutilizables (Figura 41).



Figura 41. Contenedores para recolectar muestras.

Los tubos con las muestras se colocan en gradillas y se ubican en las cajas de transporte. Los envases grandes, como los que contienen muestras de orina se transportan en bolsas de plástico cerradas. Si es preciso refrigerar las muestras durante su transporte, se utilizarán cajas cuyo interior sea de acero inoxidable, colocando dentro de ellas un refrigerante comercial. Cuando son muestras con un agente infeccioso, el envío está sujeto a normas especiales: el tapón del contenedor primario debe ir sellado con cinta adhesiva, el contenedor se envuelve en material absorbente y luego se introduce en un contenedor secundario hecho a prueba de aplastamientos y escapes (Prieto et al., 2000).

Procesamiento de la muestra: es el período comprendido desde que las muestras llegan al laboratorio hasta su análisis; en ese tiempo las muestras se someten a diferentes procedimientos hasta determinar las características morfológicas para su posterior identificación.

Siembra de la muestra: el medio de cultivo más utilizado en Micología es el Sabouraud (pH 5,6), acidez que dificulta el crecimiento bacteriano. Este medio suele hacerse selectivo por adición de antibacterianos (cloranfenicol), o antifúngicos (cicloheximida o actidiona), que inhibe de forma selectiva la mayor parte de hongos saprófitos y no tiene acción, en general, sobre los hongos patógenos (con excepciones como *Cryptococcus neoformans*) (Delgado et al., 1994). Se realizan las siembras del material (escamas, pelo, etc.) a cierta distancia unas de otras (aproximadamente 1 cm); si se observa que un contaminante ha empezado a desarrollarse junto a un patógeno es fácil aislar este último. El material puede ser inoculado en tubos o en cajas de Petri, una vez inoculados, se incuban a temperatura ambiente o a 25-28°C. La observación de hongos debe realizarse por un

período aproximado de un mes para apreciar mejor sus características macroscópicas, porque son patógenos de crecimiento muy lento (Guzmán, 1977) (Figura 42).



Figura 42. Siembra de muestras para el aislamiento de hongos.

- A. Muestra en contenedor.
- B. Siembra de muestra en agar Sabouraud y agar Mycosel.

La mayor parte de los medios de cultivo de uso habitual también permiten el desarrollo de los hongos causantes de micosis humanas. Los medios de cultivo se incuban en aerobiosis y a temperatura óptima de incubación, 25 - 30°C para los hongos causantes de micosis superficiales, y 35°C para los causantes de micosis sistémicas. Las levaduras dan lugar a colonias macroscópicamente similares a las bacterianas, visibles a las 24-48 horas. Algunos hongos filamentosos se desarrollan en los cultivos entre los 3 y los 5 días, pero otros requieren varias semanas de incubación. Para los hongos dimórficos patógenos primarios, existen medios de cultivo que ayudan a obtener *in vitro* la fase parasitaria levaduriforme (medios con sangre o huevo, incubados a 35 - 37°C) (Delgado et al., 1994).

1.2.8.2 Aislamiento de hongos de muestras vegetales

Aislamiento del hongo de muestras de tejido vegetal con síntomas: para recuperar el hongo del tejido vegetal con síntomas, se procede a:

Toma de muestra: se hace antes de que se realice cualquier tratamiento; hay que tener en cuenta todas las condiciones de asepsia y los contenedores adecuados para recogerlas.

Manipulación de muestra: las muestras tomadas se deben llevar al laboratorio adecuado para tal fin. Durante la manipulación de las muestras (con todas las condiciones de asepsia), se rotula con mucho cuidado.

Transporte de muestra: se transportan al laboratorio con todas las condiciones de asepsia y si son tomadas en áreas ubicadas fuera del centro, se transportan de manera independiente en cajas de icopor nuevas o bolsas plásticas nuevas y bien rotuladas y si es posible se deben llevar en una nevera de icopor (Figura 43).



A
B
Figura 43. Cámaras húmedas con muestras vegetales.

- A. En caja de icopor
- B. En bolsa plástica

Procesamiento y siembra de la muestra: se realiza desde que las muestras llegan al laboratorio hasta su análisis. Después de estar en cámara húmeda las muestras se someten a diferentes procedimientos: proceso de desinfección (con hipoclorito de sodio al 0,25%), lavado (con agua destilada estéril) y escurrido (en papel scot estéril). El procedimiento se observa en la Figura 44.



A



B



C



D



E



F

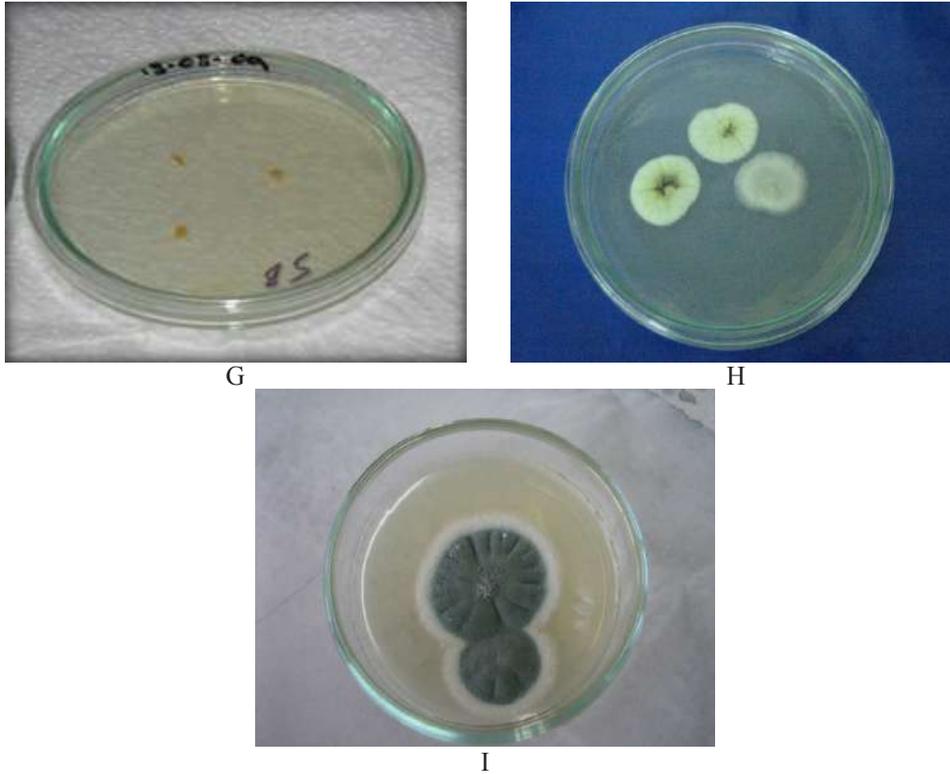


Figura 44. Aislamiento de hongos de síntomas de muestras de tejido vegetal.

- A. Cámara húmeda después del período de incubación
- B. Cortes de porciones de tejido vegetal para la siembra
- C. Tejido vegetal en hipoclorito de sodio al 0,25 % por 30 segundos
- D. Tejido vegetal en agua destilada estéril por 1 minuto
- E. Secado del tejido vegetal
- F. Siembra directa de tejido vegetal con síntomas
- G. Finalización de la siembra de tejido vegetal con síntomas
- H. Crecimiento de colonias después del período de incubación
- I. Purificación del crecimiento del hongo.

Siembra de la muestra: se puede realizar mediante siembra directa, en la cual se cortan porciones de aproximadamente 2 mm² de muestra de tejido vegetal previa colocación de la misma en cámara húmeda; independientemente, las porciones de la muestra vegetal se desinfectan sumergiéndolas en una caja de Petri que contiene 25 mL de solución de

hipoclorito de sodio al 0,25 % (durante 30 segundos); una vez terminado este período de tiempo y con una pinza estéril, se toman las porciones de muestras vegetales, se enjuagan en dos cajas de Petri, cada una con 25 mL de agua destilada estéril, y se dejan en ellas durante un minuto. Con pinza estéril se toman las porciones desinfectadas, se colocan sobre papel secante estéril y se realizan asépticamente siembras directas con asa en ángulo, introduciéndolas en cada una de las tres incisiones realizadas previamente en el medio de cultivo (agar Sabourad o agar papa dextrosa), se incuba a temperatura ambiente durante tres días. Una vez se visualice el microorganismo, se purifica en cajas de Petri con medio de cultivo que permita mejor crecimiento.

Aislamiento del hongo de muestras de tejido vegetal con signos: del vegetal de donde se pretende recuperar crecimientos de hongos, se procede a tomar con una aguja de disección el hongo que se visualiza en el tejido y se siembra en cajas de Petri con diferentes medios de cultivo que favorezcan el crecimiento de hongos; después del período de incubación se purifica sembrándolo en cajas de Petri con el medio de cultivo que permita mejor crecimiento (Figura 45).

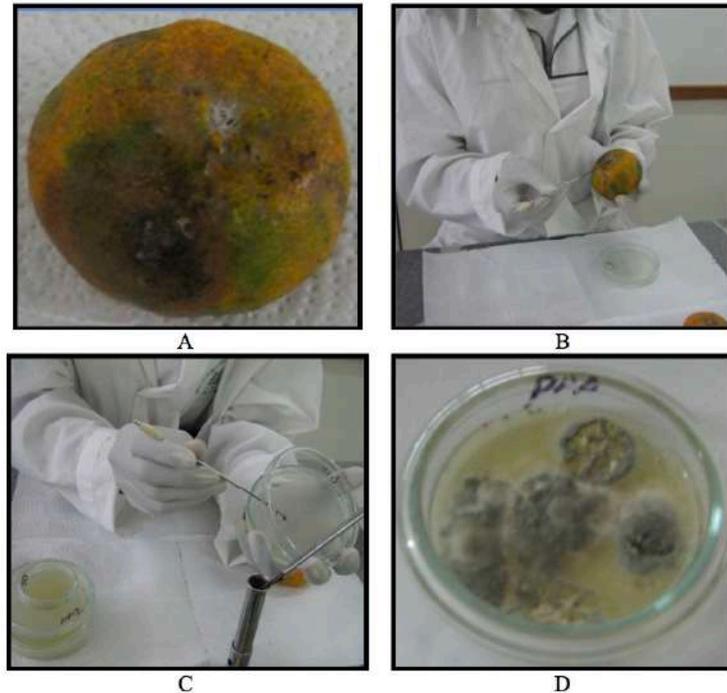


Figura 45. Aislamiento de hongos de signos de muestras de tejido vegetal.

- A. Tejido vegetal con signos
- B. Toma del hongo del tejido vegetal
- C. Siembra del hongo en medio de cultivo
- D. Crecimiento del hongo después del período de incubación

1.2.8.3 Inducción a la esporulación para recuperar hongos de tejido vegetal

Hay procedimientos para recuperar hongos mediante la germinación de esporas induciendo la esporulación del hongo que ataca el tejido vegetal; por ejemplo, para obtener ascosporas de la hoja de plátano que está afectada por Sigatoka (amarilla o negra), se toma parte de la hoja que está más necrosada, se observa al estereoscopio para detectar los esporodoquios, se hacen cortes con un bisturí estéril de 2 cm² en el área de tejido que fueron observados los esporodoquios y con la ayuda de una cosedora se pegan los cortes de tejido a un papel de filtro (debe ocupar toda el área de la tapa de la caja de Petri); se utiliza como medio de cultivo agar agua o agar bacteriológico, de manera que el volumen del medio de cultivo al servirlo ocupe menos de la mitad de la caja de Petri; cuando el medio esté solidificado, a la caja de Petri se le coloca la tapa (que contiene las muestras), se incuba a temperatura ambiente durante una hora (tiempo que se considera adecuado para la descarga de ascosporas), se observan las ascosporas al microscopio y se pasan al medio de cultivo para el aislamiento del hongo (Figura 46).



A



B

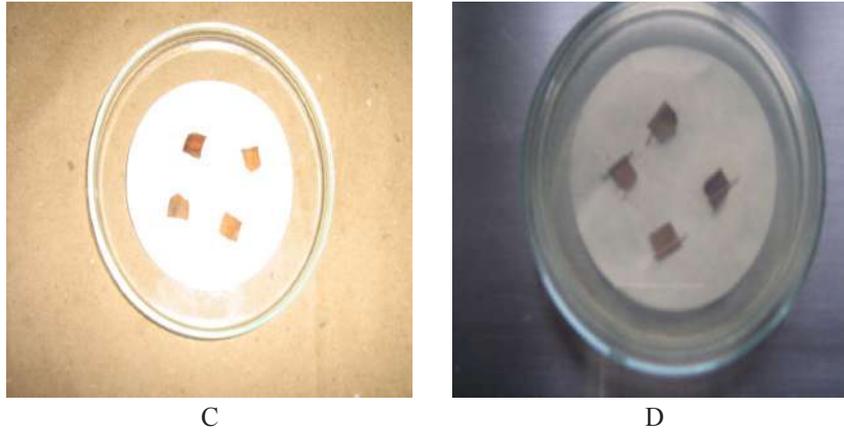


Figura 46. Trampa para inducir la descarga de ascosporas.

- A. Hoja de plátano con Sigatoka.
- B. Papel de filtro en la tapa de la caja de Petri.
- C. Papel filtro con cortes de tejido.
- D. Caja de Petri con agar bacteriológico con la tapa que contiene las muestras necrosado (vista por el reverso).

1.2.8.4 Aislamiento de hongos de suelo

Siembras directas de muestras de suelo: para aislar hongos de suelo se utiliza un recipiente aséptico y con espátula estéril, se toma la muestra de suelo, se lleva al laboratorio, con ayuda de una aguja estilete se toman cuatro partículas pequeñas de la muestra tomada (suelo fresco) y se colocan sobre agar papa dextrosa (PDA) acidificado con ácido láctico al 0,25%; luego se incuban de 3-6 días, a temperatura ambiente, hasta observar crecimiento de colonias microbianas (Figura 47); se purifican los microorganismos recuperados, sembrándolas en medios de cultivos que favorezcan los crecimientos fúngicos para posteriormente determinar sus características morfológicas e identificarlos.

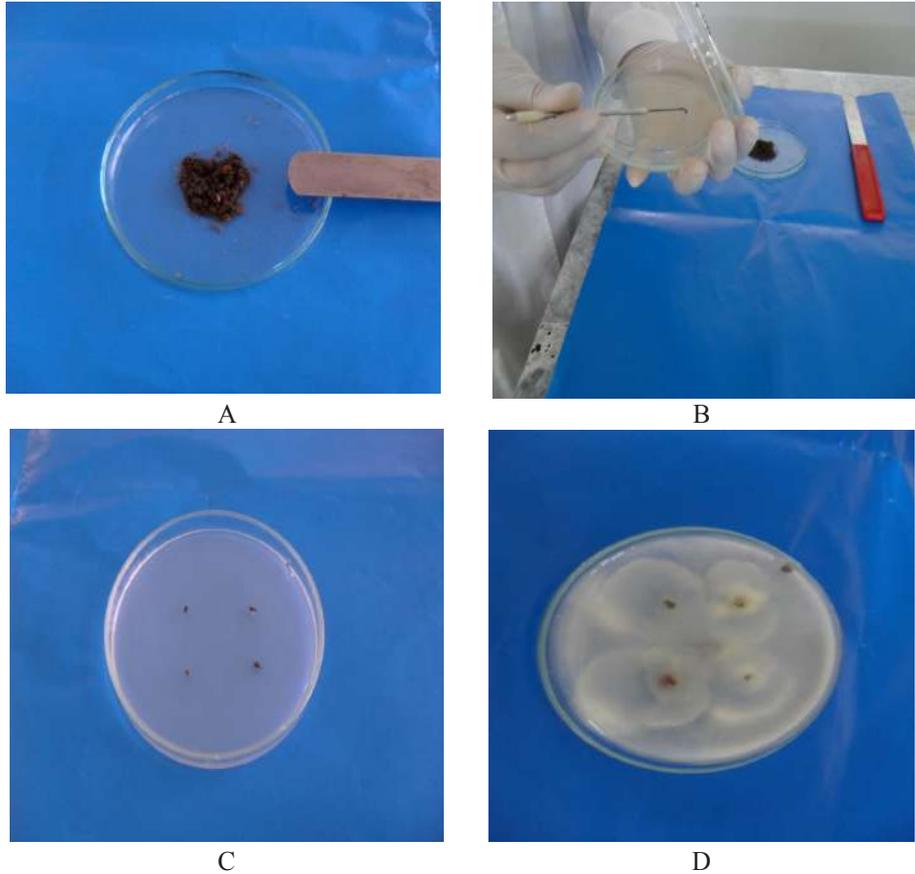


Figura 47. Aislamiento de hongos de suelo.

- A. Muestra de suelo
- B. Siembra de la muestra de suelo
- C. Incubación de la muestra de suelo
- D. Crecimiento de hongos

Siembras por dilución de muestras de suelo: para aislar hongos patógenos del suelo se prepara en un erlenmeyer estéril una solución con 1 g de suelo y 50 mL de agua destilada estéril; luego se preparan diluciones 1/10 hasta 1/100.000 o más. De cada dilución se siembra 0,1 mL de dilución por profundidad en cajas de Petri y posteriormente se le adiciona el medio líquido líquido, se hacen 5 movimientos giratorios con la caja de Petri y su contenido hacia la izquierda y 5 movimientos giratorios hacia la derecha, con el fin de homogenizar la mezcla de la dilución y el medio; se incuba a temperatura ambiente

durante 24-72 horas. Después de visualizarse crecimiento se hacen réplicas de los crecimientos de hongos recuperados en otras cajas de Petri con agar y se incuban a las mismas condiciones de temperatura hasta que se formen estructuras reproductivas (Figura 48).



A



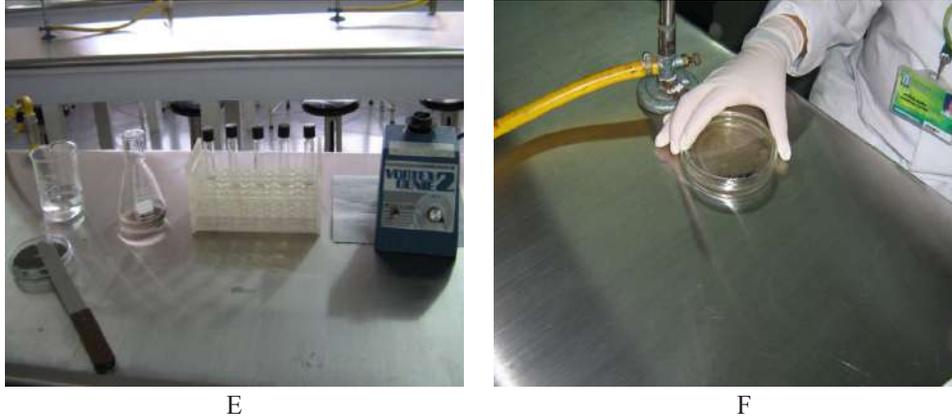
B



C



D



E
F
Figura 48. Siembra directa de suelo para aislar hongos fitopatógenos.

- A. Preparación de la solución madre.
- B. Solución madre.
- C. Preparación de diluciones.
- D. Homogenización de las diluciones.
- E. Diluciones para la siembra.
- F. Siembra por profundidad.

1.2.8.5 Trampas o cebos para recuperar hongos del suelo

La finalidad de las trampas (cebos) utilizadas para recuperar hongos del suelo es que ellas sean colonizadas lo más selectivamente posible por hongos. Estas trampas pueden ser de medios sintéticos (medios de cultivos artificiales o papel filtro) o de muestras vegetales (generalmente se utiliza fragmentos de plantas).

Trampas con medios sintéticos: hay diferentes procedimientos para atrapar hongos del suelo utilizando medios de cultivos sintéticos:

- Para aislar hongos del suelo se toman aproximadamente 150 g de tierra de suelo en un recipiente. Se sumergen dos porta-objetos limpios en una solución de agar agua (AA) para que se cubran con una película fina y delgada; luego se introducen en la tierra del recipiente dejando afuera una pequeña porción. Se cubre el recipiente con un plástico transparente y se perfora para permitir la entrada del aire, se incuba a temperatura ambiente durante una semana. Se remueven los porta-objetos con cuidado, tratando de mantenerlos inclinados para no perturbar una de las caras que será teñida. Luego se dejan secar o se fijan al calor. Se limpia suavemente una de las

caras y se remueven suavemente todas las partículas grandes de tierra. Después se sumergen en ácido acético durante uno a tres minutos; se remueve el exceso de ácido acético y se tiñe con violeta de genciana durante 5 a 10 minutos. Se lavan con agua destilada, se secan al aire y se observan al microscopio con objetivos de 10X y 100X (Saldarriaga y Pineda, 2001) (Figura 49).



A



B



C



D



Figura 49. Método para aislar hongos del suelo con porta-objetos impregnados de agar agua.

- A. Muestra de suelo utilizada para aislar hongos
 - B. Agar agua, porta-objeto y pinza, utilizados para el procedimiento.
 - C. Porta-objeto impregnado de agar agua
 - D. Periodo de incubación
 - E. Porta-objeto impregnado de agar agua (solidificado), sumergido en muestra de suelo
 - F. Crecimiento de hongos
- Se pueden atrapar hongos del suelo con el siguiente procedimiento: a una jeringa de un volumen de 50 mL, se le adicionan 40 mL de cuatro medios de cultivo de diferentes agares (PDA, Sabouraud, mosto y rosa de Bengala), se adicionan 10 mL de uno de ellos hasta que solidifique, se adiciona uno de los medios de cultivo y se deja solidificar, se adiciona el siguiente medio y así sucesivamente con cada uno de ellos hasta solidificar, se le coloca el émbolo de la jeringa. Con aguja estéril se perfora toda la jeringa hasta tocar los medios de cultivo; para utilizarla: se abre un hueco en el suelo de donde se pretende aislar los hongos, se introduce el cebo y se deja de 24-72 horas. En los orificios del cebo se va a visualizar crecimiento del hongo y en el medio que favorece el crecimiento del hongo se observa mayor crecimiento; luego se purifican en los respectivos medios de cultivo (Figura 50).

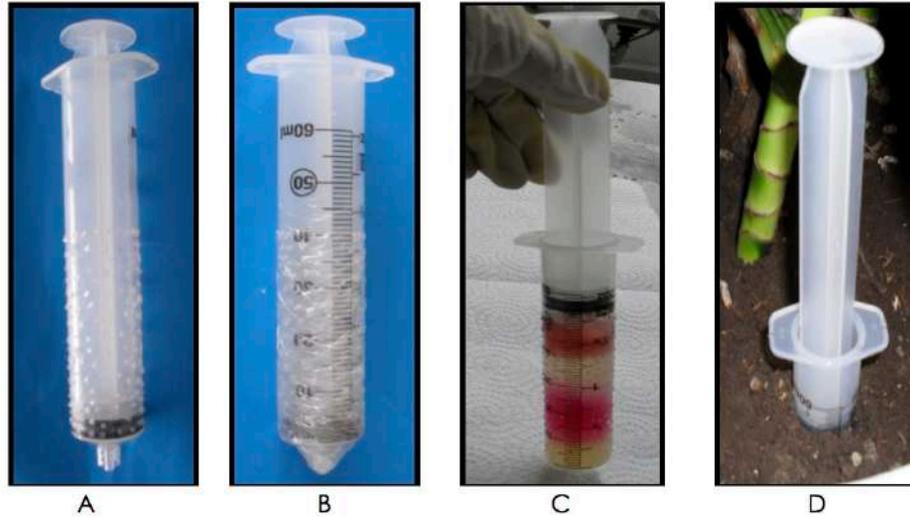


Figura 50. Trampas o cebos con medios de cultivo sintéticos para aislar hongos del suelo.

- A. Jeringa de 50 mL perforada.
- B. Jeringa perforada y recubierta con cristaflex.
- C. Jeringa con 10 mL de cada medio de cultivo diferente.
- D. Jeringa con diferentes medios introducida en el suelo.

Trampas con fragmentos vegetales: Se utilizan porciones vegetales altamente específicas para atrapar los hongos, algunos ejemplos son:

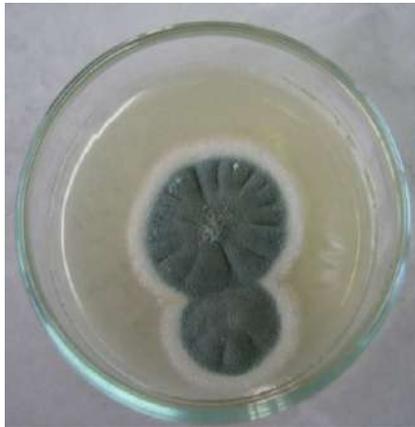
- Para aislar *Phytophthora* del suelo se utiliza una papa como trampa; plántulas de habichuela y rodajas de zanahoria sirven para detectar algunas especies de *Fusarium* (*F. solana* y *F. phaseoli*) y *Thielaviopsis* (*T. basiclta*) (Tello et al., 1991).
- La suspensión de tierra en contacto con pétalos de clavel (deben ser inmaduros, tomados de un capullo que todavía no halla comenzado abrir) también sirve de trampa. Según el volumen del suelo que se quiera para poner en contacto con el pétalo, dos alternativas pueden ser empleadas:

Adicionar con una pipeta Pasteur 0.02 mL de la suspensión del suelo sobre el pétalo del clavel, luego colocar en cámara húmeda.

El pétalo se deja flotar sobre 1 a 3 mL de suspensión del suelo que está en el alvéolo de una placa que se utiliza para cultivos celulares; la altura de la suspensión en el alvéolo no debe sobrepasar los 10 mm (Tello et al., 1991).

1.2.9 Determinación de características morfológicas de hongos recuperados de diferentes muestras

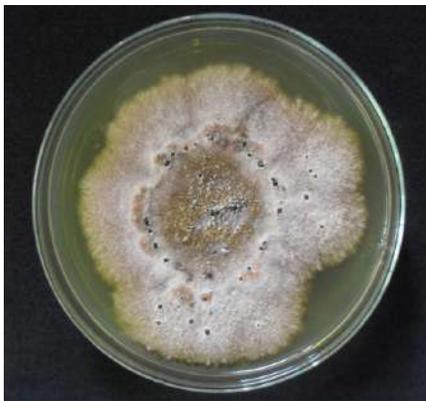
Determinación de características morfológicas macroscópicas: para determinar estas características morfológicas (macroscópicas) de hongos filamentosos, después del período de incubación y de visualizarse crecimiento, se determinan las características del cultivo (superficie, topografía, producción de pigmentos, aspecto, etc.) (Figura 51).



A



B



C



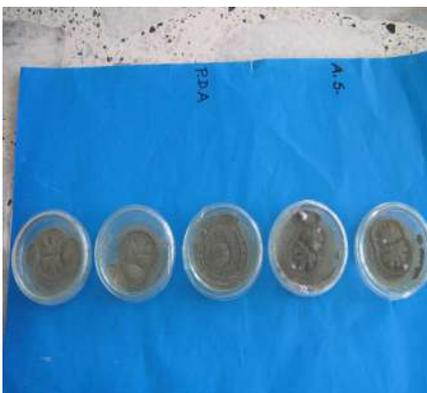
D



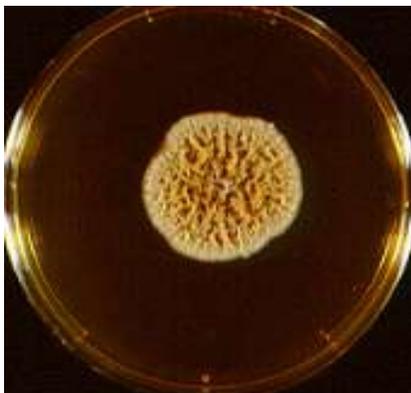
E



F



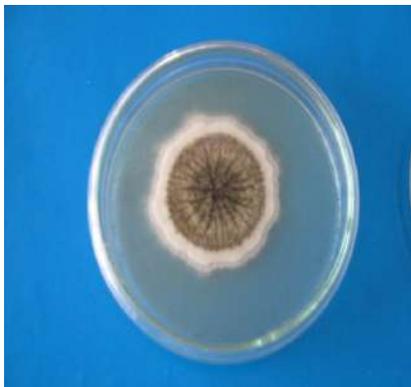
G



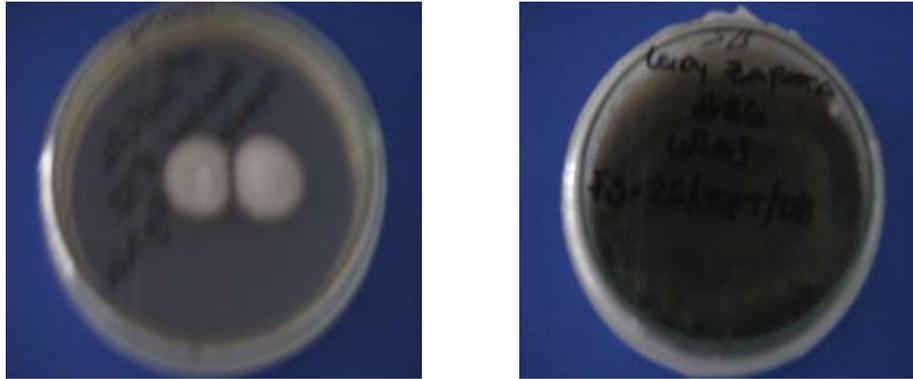
H



I



J



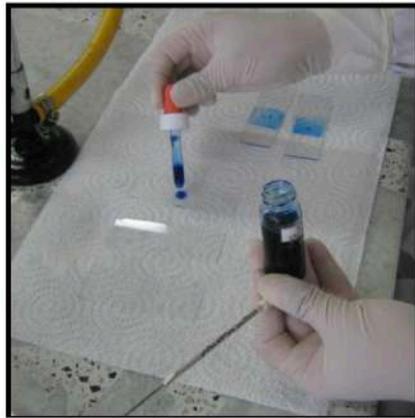
K
L
Figura 51. Características macroscópicas de cultivos de hongos.
Fuente: B y C: Montoya, 2016 · H: De Tejada, 2010

- A. Cerebriforme, aterciopelada
- B. Algodonosa
- C. Algodonosa con formación de esclerocios
- D. Rugosa
- E. Plumosa
- F. Plana con bordes plumosos
- G. Pulverulenta
- H. Plegada y seca
- I. Anillos concéntricos
- J. Surcos radiales
- K. Colonias vellosas
- L. Algodonosas, luego aterciopeladas

Determinación de características morfológicas microscópicas: para determinar estas características morfológicas de hongos filamentosos, después del período de incubación, se deben realizar placas de los crecimientos de hongos, para realizar las observaciones al microscopio y determinar las características observadas; las placas se realizan de dos formas:

- *Placa realizada con estilete:* en condiciones estériles, se coloca sobre una lámina porta-objeto, una gota de azul de lactofenol, se toma con un estilete una pequeña porción del hongo en crecimiento de la caja de Petri, y se procede a dispersarla suavemente con la ayuda de otro estilete; se cubre con un cubre-objetos y se determinan las características morfológicas con el microscopio, primero con objetivo de pequeño aumento y luego con objetivo de más aumento (Guzmán, 1977) (Figura 52).

- *Placa realizada con cinta adhesiva:* en condiciones estériles se toma una porción de cinta adhesiva transparente con los dedos pulgar y anular (la parte pegante de la cinta dirigida hacia el cultivo del hongo, de donde se toma la muestra), se acerca la cinta al cultivo por la parte pegante y suavemente con el dedo índice se hace una pequeña presión (por la parte no pegante de la misma) sobre el cultivo, se retira y con la ayuda de la otra mano se extiende la cinta, se pega bien sobre un porta-objeto que contiene una gota de azul de lactofenol, se deja reposar por un minuto (mientras se tiñen las estructuras) y luego se observa al microscopio, primero con bajo aumento y posteriormente con objetivos de mayor aumento (Figura 53).



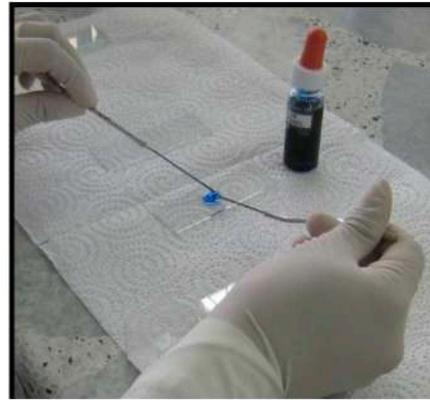
A



B



C



D

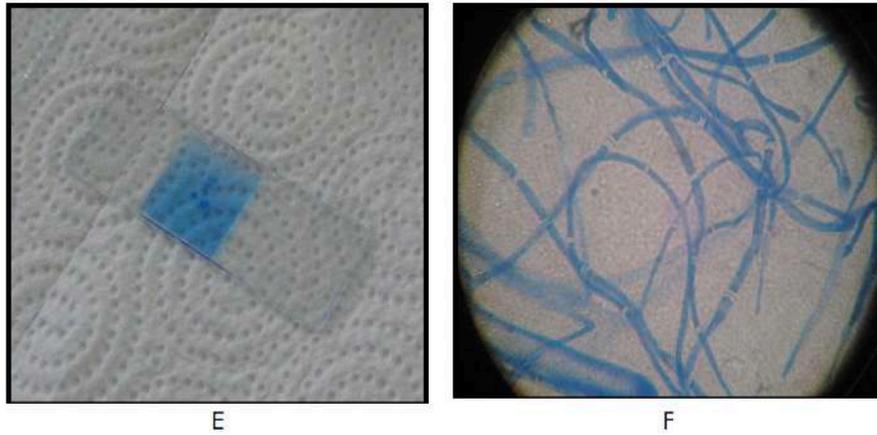


Figura 52. Placa con azul de lactofenol, utilizando estilete.

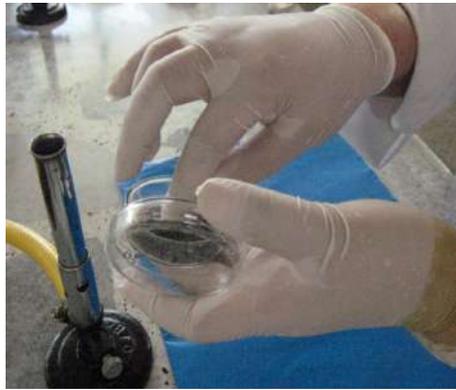
- A. Porta-objeto y azul de lactofenol
- B. Toma de la muestra con estilete
- C. Hongo con azul de lactofenol
- D. Mezcla del hongo y azul de lactofenol (con la ayuda de otro estilete)
- E. Placa a observar
- F. Estructuras microscópicas



A



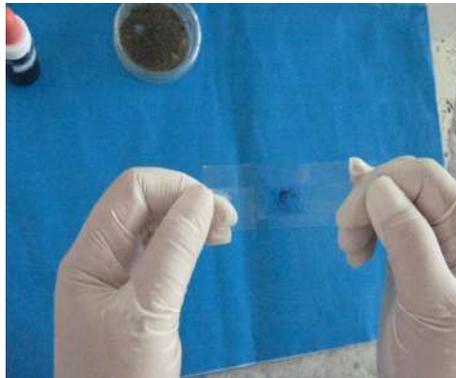
B



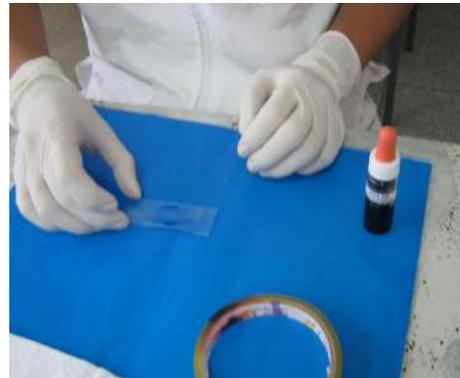
C



D



E



F

Figura 53. Placa con cinta adhesiva y azul de lactofenol.

- A. Gota de azul de lactofenol
 - B. Cinta transparente para toma de muestra
 - C. Toma de la muestra en el cultivo del hongo con la cinta adhesiva
 - D. Muestra del hongo tomada en el porta-objeto
 - E. Adhesión al porta-objeto de la muestra tomada con la cinta adhesiva, bien templada.
 - F. Organización de la placa (recorte de la cinta adhesiva sobrante de los extremos de la placa)
- *Placa realizada con cinta adhesiva colocada directamente en el tejido vegetal con signos: de la muestra vegetal, donde se visualiza el hongo, se procede a tomar la muestra con cinta adhesiva y posteriormente se coloca bien templada sobre un porta-objeto que contiene una gota de azul de lactofenol (Figura 54).*



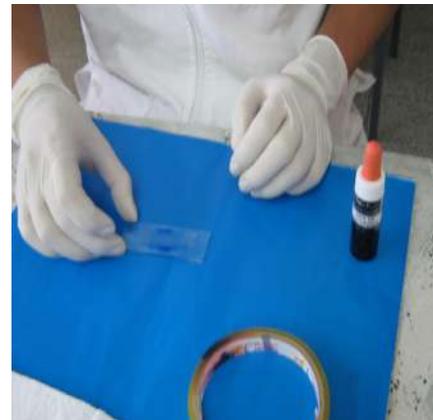
A



B



C

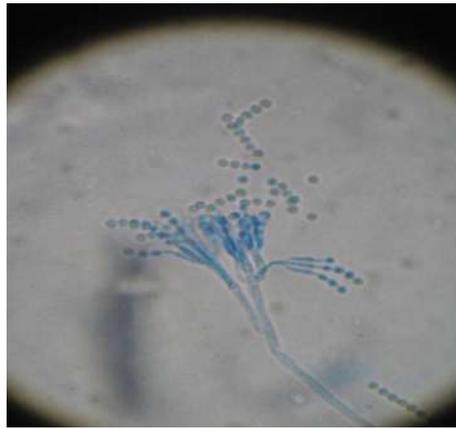


D

Figura 54. Realización de placa de tejido vegetal con signos.

- A. Porta-objeto con una gota de azul de lactofenol.
- B. Toma de muestra con cinta adhesiva de tejido vegetal con signos.
- C. Cinta adhesiva con la muestra tomada, colocada en el porta-objeto.
- D. Placa para observar al microscopio.

Algunas de las características microscópicas observadas se relacionan en la Figura 55.



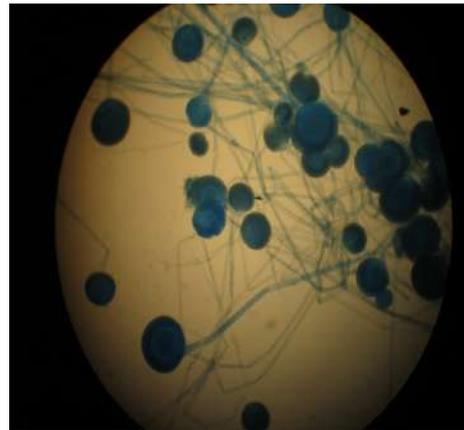
A



B



C



D



E
F
Figura 55. Algunas morfologías microscópicas de hongos.
Fuente: Spiewak, 1998

- A. Conidióforo
- B. Macroconidias
- C. Esporangióforo
- D. Hifas y esporangióforo
- E. Conidióforo con vesículas y fiálides.
- F. Microconidias aisladas y macroconidias multicelulares.

1.2.10 Microcultivos de hongos

Cuando se dificulta la determinación de las características microscópicas con la realización de las placas realizadas con las metodologías anteriores, se recurre a los microcultivos (por punción o por dilución).

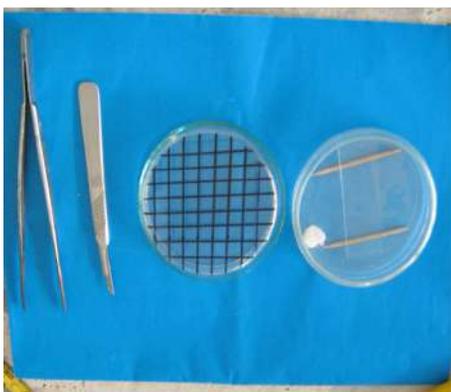
Microcultivo de hongo, por punción: para la realización de microcultivos, se preparan cajas de Petri estériles con el agar indicado (que favorezca el crecimiento del hongo) con un espesor de 9 mm, se cortan bloques de 1 cm² de área del agar, para permitir un buen desarrollo del hongo; estos bloques de agar se colocan sobre láminas de portaobjetos y se inoculan con porciones del hongo puro en el centro de cada uno de los cuatro lados de la porción de agar, se colocan cubreobjetos para poder mantener un buen nivel de humedad relativa; a cada caja se le coloca un algodón estéril impregnado con tres gotas de agua glicerinada al 10%, se sellan las cajas y se someten a incubación a temperatura indicada hasta que haya esporulación, para su posterior determinación de las características morfológicas (Figura 56).



A



B



C



D

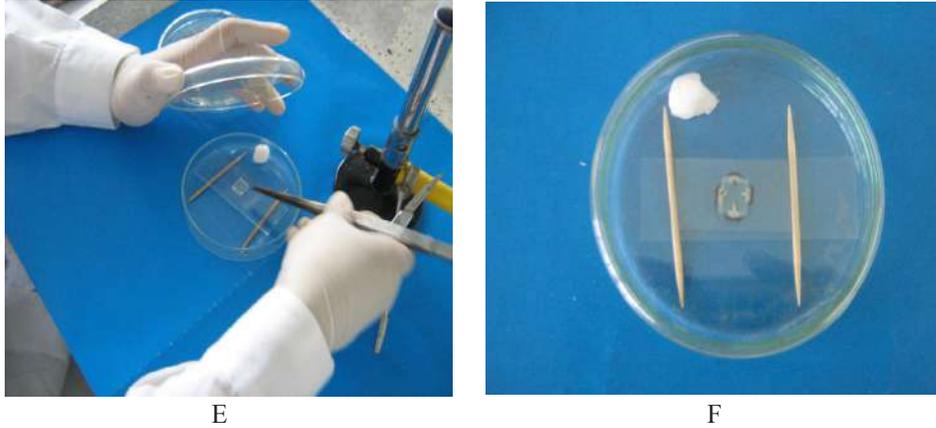
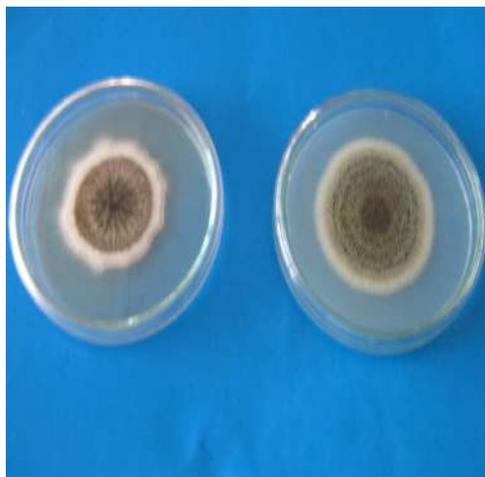


Figura 56. Microcultivos realizados por punción de cultivo de hongo.

- A. Rayado por el reverso de la caja de Petri
- B. Corte con bisturí del agar sobre cada línea trazada
- C. Caja de Petri preparada para el microcultivo
- D. Retiro de una porción de 1 cm² de agar, de la caja de Petri
- E. Siembra del hongo con estilete, en la mitad de cada lado de la porción de agar de 1 cm² tomado y cubrimiento del mismo con cubre-objeto
- F. Crecimiento del hongo después del período de incubación

Microcultivos por diluciones: a partir de un cultivo bien esporulado se preparan diluciones de 1/10 hasta 1/100000 (o las necesarias); de cada una de ellas se hacen siembras independientes (en cada caja de Petri con agar que le brinda el mejor crecimiento) así:

El agar se perfora con sacabocado (estéril), posteriormente se le adiciona 0,5 mL de la dilución a utilizar, en la superficie y con movimientos rotatorios se esparce por todo el agar. Con bisturí se sacan los discos de agar y se colocan en porta-objetos que están sobre dos palillos dentro de una caja de Petri estéril y que a su vez contiene una torunda de algodón humedecido con 3 ó 4 gotas de agua destilada estéril (todo el material debe estar estéril). Se tapa la caja de Petri, se sella y se incuba a temperaturas adecuadas. Se harán lecturas en el momento en que se visualice crecimiento en el borde del disco de agar. En la Figura 57 se observa el procedimiento para la realización de un microcultivo por dilución.



A



B



C



D



E



F



G



H

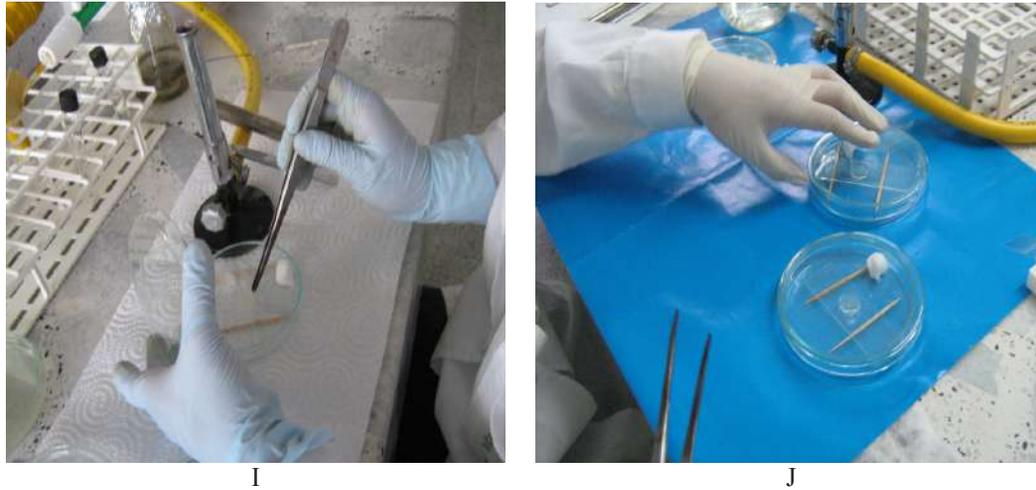
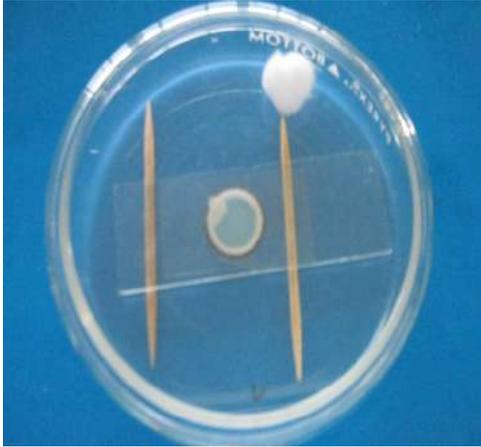


Figura 57. Microcultivos realizados a partir de diluciones del hongo.

- A. Hongo esporulado
- B. Realización de la suspensión
- C. Realización de la dilución
- D. Preparación del agar con saca-bocados
- E. Discos de agar
- F. Adición de dilución al medio
- G. Movimiento giratorios
- H. Retiro de un disco de agar
- I. Disco de agar en el porta-objeto y colocación del cubre-objeto
- J. Microcultivo
- K. Crecimiento del hongo a las 24 h.
- L. Crecimiento del hongo a las 48 h.

Lectura de los microcultivos: después del período de incubación (donde se visualiza crecimiento del hongo), se determinan las características microscópicas del hongo (siembra por punción y utilizando diluciones): el microcultivo, se observa directamente al microscopio; luego, se toma un porta-objeto y se le adiciona una gota de azul de lactofenol, se retira cuidadosamente la laminilla (en la cual queda el hongo únicamente) y se coloca en el porta-objeto, se deja un minuto (para que las estructuras del hongo tomen el color), se observa al microscopio. Por último, se retira la porción de agar del porta-objeto del microcultivo y se descarta; al portaobjeto se le adiciona una gota de azul del lactofenol, se le coloca un nuevo cubre-objeto, después de un minuto se limpia el

exceso de colorante, se sellan los bordes con esmalte incoloro (esmalte para uñas) y se observa al microscopio; las estructuras del hongo no se deforman y se conservan por más tiempo. La Figura 58 explica la forma de leer un microcultivo realizado a partir de diluciones del hongo.



A



B



C



D



E
F
Figura 58. Metodología a tener en cuenta para leer un microcultivo realizado con dilución del hongo.

- A. Microcultivo después del período de incubación
- B. Microcultivo para observar al microscopio
- C. Nueva placa con el cubreobjeto del microcultivo
- D. Nueva placa con el portaobjeto del microcultivo
- E. Estructuras microscópicas del hongo
- F. Vista a través del microscopio (objetivo 40X)

Con la determinación de las características morfológicas de los hongos filamentosos y con la ayuda de claves taxonómicas se identifican los hongos en género y especie.

1.2.11 Cultivos de hongos recuperados

Un cultivo de hongo puro después de aislado del tejido vegetal o del suelo puede ser multiespórico o monoespórico.

Cultivo multiespórico: es cuando el inóculo que se toma para sembrar tiene hifas, cuerpos fructíferos, esporas, etc.; los cultivos resultantes tienen variabilidad genética atribuida a la mezcla de esporas que genera variaciones en las características fisiológicas, bioquímicas y moleculares (Estrada et al., 1997).

Cultivo monoespórico: es cuando se siembra una sola espóra; estos cultivos proporcionan información genómica de la sola espóra. El aislamiento de monoconidios asegura pureza

genética; sin embargo, no se puede tener la certeza de la obtención de aislamientos genéticamente puros cuando se trata de esporas heterocarióticas o cuando se trata de generaciones de este aislamiento inicial, puesto que pueden presentarse mutaciones. Pero un solo aislamiento derivado de una célula no es tan representativo del aislamiento original de una especie, como sucede cuando se realiza una transferencia de células en masa (Estrada et al., 1997). El procedimiento para realizar cultivos monoespóricos es:

- Se toma un cultivo de hongo bien esporulado y se prepara una solución madre, de la que se hacen cinco diluciones, o más, si es necesario.
- De cada dilución se hacen placas en porta-objetos, con cubre-objetos.
- Se ajusta al objetivo 10X del microscopio, el dispositivo que se observa en la Figura 59 (se desconoce el autor del dispositivo).
- Con la ayuda del microscopio se escoge la placa que por campo se observe de 5 a 8 conidias.
- Con la dilución escogida se adiciona 1 mL a la caja de Petri que contiene el medio de cultivo y se esparce con el rastrillo bacteriológico estéril.
- Con el microscopio y el dispositivo adaptado, se enfoca la espора que está en la caja de Petri que contiene el medio de cultivo.
- Se sube la platina del microscopio, y con la parte del dispositivo que enfoca la espора se corta el agar que la contiene.
- Con una aguja pequeña y estéril (de tuberculina) se deposita la espора en otra caja de Petri con medio de cultivo adecuado para su desarrollo.
- Se incuba a las mismas condiciones de temperatura y tiempo que se utilizaron para el cultivo multiespórico del hongo.



Figura 59. Dispositivo para ajustar al objetivo 10X del microscopio.

1.2.12 Parásito, patogenicidad y parasitismo de hongos en plantas

Parásito: "Son organismos que viven a expensas de los tejidos de un ser vivo (hospedador)" (Stadler, s.f. p. 1).

Patogenicidad: es "la capacidad de un organismo para causar enfermedad; para que se dé debe establecerse una relación de parasitismo" (Arauz, 1998, p. 24).

Parasitismo: es "una relación entre dos especies en la cual una, denominada parásito, se alimenta de la otra, denominada hospedante, mediante la absorción por períodos prolongados o la utilización directa de sustancias elaboradas por ésta (Arauz, 1998, p. 24).

La relación de los términos anteriores enmarca el proceso de infección:

La infección es el proceso mediante el cual los patógenos entran en contacto con las células de tejido susceptibles de un hospedante y en el que se producen nutrientes suficientes para ambos. Durante la infección los patógenos se desarrollan y/o reproducen dentro de los tejidos de las plantas, e invaden a éstas en forma variable. De esta manera la invasión del patógeno sobre los tejidos de las plantas, y el crecimiento y reproducción (colonización) de ese patógeno en los tejidos infectados, constituyen en la realidad dos fases concurrentes en el desarrollo de una enfermedad dentro del proceso infectivo (Arauz, 2008, p. 47).

"Los Síntomas que producen los hongos en sus hospedantes son de tipo local o general y pueden aparecer por separado en hospedantes distintos, en un mismo hospedante aparecer uno después de otro" (Arauz, 2005, p. 267). En general, los hongos parásitos producen diferentes síntomas en sus hospedantes.

1.2.12.1 Pruebas de patogenicidad

Para establecer la causalidad de hongos como responsables de micosis en tejido vegetal, se deben tener presentes los principios de Koch establecidos para regir toda enfermedad con un origen microbiano, estos principios son:

- Se debe poder localizar, identificar y aislar el microorganismo presunto responsable de una forma continuada de las plantas enfermas, es una asociación constante de aquel con la enfermedad; es decir la enfermedad no se produce en ausencia del agente causal.

- El microorganismo se aísla y mantiene en cultivo puro (parásitos facultativos), o de él, deben poderse estudiar sus características (patógenos obligados).
- La infección experimental, o inoculación, del microorganismo en estado puro debe reproducir la enfermedad en el hospedador susceptible.
- El microorganismo re-aislado de la planta infectada experimentalmente debe mantener las características del aislamiento inicial (Tello et al., 1991) (Figura 60).



- Relación hongo patógeno-planta enferma.
- Aislamiento del hongo en cultivo puro.
- Inoculación del patógeno y reproducción de los síntomas de la enfermedad.
- Re-aislamiento del hongo patógeno mediante siembra de signos del fruto.

1.2.13 Inoculación del hongo patógeno en tejido vegetal sano

El hongo a inocular se replica en caja de Petri que contiene 20 mL del medio de cultivo adecuado; después del periodo de incubación, se debe esperar que la réplica del hongo alcance el borde de la caja de Petri, lo que indica que está listo para ser inoculado. La unidad de inóculo está constituida así: de 100 mL de agua destilada estéril, se toman 10 mL que se le adicionan a la caja de Petri con el crecimiento del hongo, se emulsiona con la ayuda de un rastrillo bacteriológico estéril; éstos 10 mL de agua destilada estéril con el hongo suspendido se adiciona a los 90 mL de agua destilada restante, se homogeniza la suspensión total y de allí se toman 10 mL que se utilizan para inocular el tejido vegetal sano (Figura 61); se utilizan controles (tejido vegetal sano inoculado con agua destilada estéril).



Figura 61. Inoculación de tejido vegetal.

El tejido vegetal inoculado con el hongo y los controles se incuban a temperaturas entre 17°C - 22°C durante 3 a 10 días en cámaras húmedas con el fin de reproducir el crecimiento del hongo o sintomatologías producidas por él en el tejido vegetal, para posteriormente re-aislar el hongo de los signos o síntomas del tejido vegetal (Figura 62).



Figura 62. Siembra del hongo a partir de signos presentes en el tejido vegetal.

- A. Signos del hongo presentes en el tejido vegetal
- B. Siembra de signos en caja de Petri con agar

1.2.14 Mecanismos de infección de hongos fitopatógenos

En los hongos fitopatógenos, el desarrollo de la enfermedad es el resultado de su interacción con las plantas, según una secuencia de etapas denominadas patogénesis. Algunas de estas etapas, cruciales para el establecimiento de tal patogénesis, son: unión a la superficie de la planta, germinación sobre dicha superficie y formación de estructuras de infección, penetración en el huésped, colonización de los tejidos del huésped (Schäfer, 1994, citado por Rivera y Codina, s.f. p. 1).

Unión a la superficie de la planta:

Aunque por lo general las hifas y las radículas están rodeadas por sustancias mucilaginosas su fijación a la planta al parecer se realiza principalmente por las fuerzas intermoleculares que se producen entre la superficie de la planta y el patógeno cuando se unen estrechamente (Agrios, 2005, p. 59).

Germinación sobre dicha superficie y formación de estructuras de infección:

Una vez que ha entrado en contacto, el diámetro de la porción de la hifa o radícula que entra en contacto con la superficie del hospedero, se incrementa y forma una estructura aplanada y en forma de bulbo que se denomina apresorio. Esta estructura hace que aumente la zona de unión entre los dos organismos y permite que el patógeno se fije con mayor firmeza a la planta (Agrios, 2005, p. 59) (Figura 63).



Figura 63. Tubo germinativo con apresorio.

Penetración en el huésped:

A partir del apresorio se forma un punto delgado de crecimiento denominado punto de penetración que se desarrolla en dirección de la cutícula y la pared celular, atravesándolas. Si la pared subyacente del hospedante es blanda, la penetración se efectúa con mayor facilidad. Sin embargo, cuando esa pared es dura, la fuerza que ejerce la punta de penetración puede ser mucho mayor que la fuerza de unión entre las dos superficies, lo cual hace que se separen las paredes del apresorio y del hospedante, rechazando de esta manera la infección. La penetración de las barreras que ofrecen las plantas ante el ataque de los hongos, casi siempre se logra debido a que el patógeno secreta enzimas en el sitio de penetración, lo cual da como resultado el ablandamiento o la disolución de esas barreras por la acción enzimática (Agrios, 2005, p. 59).

Colonización de los tejidos del huésped:

Después de que el hongo ha entrado a la célula, es habitual que secrete cantidades crecientes de enzimas que posiblemente ablandan o disuelven la pared celular del hospedero, lo cual permite que el patógeno entre con mayor facilidad en este último. Sin embargo, es muy probable que la fuerza mecánica que ejerce el patógeno tenga una importante función en la mayoría de los casos de penetración, aunque a un grado mucho menor. Debe tenerse en cuenta que, en la mayoría de las infecciones ocasionadas por hongos, el diámetro de la punta de penetración disminuye mucho más que el que tiene una hifa común, mientras penetra una pared celular y recupera su tamaño normal una vez que la ha atravesado. Algunos hongos patógenos ejercen una fuerza mecánica considerable sobre los tejidos de su hospedante después de la formación de sus cuerpos fructíferos en los

tejidos que se encuentran inmediatamente debajo de la superficie de la planta. Mediante una presión cada vez mayor, las hifas de un esporóforo o bien de los cuerpos fructíferos (tales como los picnidios y los peritecios) ejercen presión hacia el exterior causando que las paredes celulares y la cutícula se expandan, se eleven formando protuberancia en forma de ampollas que en un momento dado se rompen (Agrios, 2005, p. 59).

1.2.15 Variabilidad de los hongos fitopatógenos

Los hongos que atacan a las plantas varían en su habilidad para producir enfermedad, así como en su hábito parasítico. Según Castaño (1994), los hongos pueden ser:

Saprotitos obligados: son los que viven siempre sobre materia orgánica muerta.

Parásitos facultativos: son los que transcurren la mayor parte de su vida sobre materia orgánica muerta, pero si hallan un hospedante apropiado y condiciones ambientales óptimas, se tornan parasíticos.

Saprófitos facultativos: son los que permanecen la mayor parte del tiempo como parásitos, pero tienen la propiedad de desarrollarse sobre materia orgánica, aunque esto no sucede con frecuencia en su ciclo biológico.

Parásitos obligados: son los que necesitan de un hospedante vivo para desarrollarse; solo pueden llevar a cabo su desarrollo sobre un huésped vivo.

Los hongos se han adaptado a un rango muy amplio de ambientes (suelo, aire, agua, dentro o sobre las plantas y animales incluyendo a los seres humanos). Se pueden desarrollar bajo condiciones climáticas muy variables (temperaturas cerca de 0 °C o temperaturas tan altas como 40 ó 50 °C). Algunos se desarrollan bajo condiciones de humedad relativa muy baja como sucede con las conidias de los mildius polvosos (pueden germinar sobre superficies secas con humedad relativa cercana a 0%) (Castaño, 1994).

1.2.16 Identificación de hongos fitopatógenos

Debido a que cada una de las enfermedades fungosas de las plantas casi siempre se deben a un solo tipo de hongos, la identificación de la especie que se encuentra en una planta enferma o en un medio de cultivo, implica que deben excluirse todas, excepto una de las especies de hongos conocida (Jara, 2011, p. 35).

Las medidas de manejo dependen de la identificación apropiada de las enfermedades y de los agentes causales; por ello, el diagnóstico es uno de los aspectos más importantes en el entrenamiento de un fitopatólogo. Sin una identificación adecuada de la enfermedad, sería una pérdida de tiempo y dinero y podría aumentar las pérdidas de plantas. Por esta razón, un diagnóstico correcto es vital (Riley et al., 2002, p. 1).

1.2.16.1 Identificación de hongos filamentosos

Se lleva a cabo por el aspecto de las colonias y, fundamentalmente, por la morfología microscópica del micelio, de las esporas y de las estructuras en las que se forman, que suelen ser características de género o incluso de especie; por tanto, su identificación se basa en la observación microscópica, aunque algunas características metabólicas pueden ayudar a la identificación, particularmente la exigencia en factores esenciales de crecimiento (Prats, 2007, p. 69).

En hongos fitopatógenos las características más importantes de los hongos filamentosos que se utilizan para su identificación, son sus esporas y cuerpos fructíferos, y hasta cierto grado, las características de su soma (micelio).

Estos órganos se examinan directamente en el microscopio compuesto después de haber sido retirados de la planta a la que han infectado. Con frecuencia el espécimen infectado debe mantenerse húmedo (en cámara húmeda) (Figura 42), durante algunos días para permitir el desarrollo de los cuerpos fructíferos del hongo, o aislarse y cultivarse en medios artificiales a fin de que su identificación se realice con base en los cuerpos fructíferos que produzcan en esos medios. En el caso de algunos hongos, se han generado medios nutritivos especiales que permiten cultivar selectivamente solo a una determinada especie de hongo, permitiendo su rápida identificación. La forma, color, tamaño y manera en que se disponen las esporas sobre los esporóforos o cuerpos fructíferos, así como la forma, color, etc., de esas estructuras reproductoras, son características suficientes para sugerir (con una cierta experiencia en taxonomía de hongos), la clase, orden, familia y género al cual pertenece un determinado hongo (Jara, 2011, p. 36).

1.2.16.2 Identificación de hongos levaduriformes

“La identificación de las levaduras se puede llevar a cabo atendiendo a cuatro criterios diferentes: morfológicos, bioquímicos, inmunológicos y genéticos” (Linares y Solis, s.f. p. 1).

- *Morfológicos*: pueden ser criterios macroscópicos (tienen en cuenta el aspecto de las colonias de levaduras al crecer en diferentes medios de cultivo) y microscópicos (tiene en cuenta la prueba del tubo germinal o filamentación precoz, formación de hifas, blastoconidias, clamidosporas y artrosporas, tinciones simples o tinción de Gram); el estudio morfológico de las levaduras permite orientar o aproximar hacia el género, pero la identificación definitiva se hace siempre sobre la base de pruebas bioquímicas (Linares y Solis, s.f.).

- *Bioquímicos*: se utilizan criterios bioquímicos enzimáticos mediante medios cromogénicos que están diseñados para la identificación de algunas especies de levaduras por ejemplo del género *Candida*, después de incubarlas a determinado período de tiempo; “su fundamento se basa en la detección de determinadas actividades enzimáticas por parte de las levaduras mediante la hidrólisis específica de un sustrato cromogénico en presencia de un indicador de la enzima” (Linares y Solís, s.f. p. 5).
- *Inmunológicos*: se realizan por aglutinación de partículas de látex utilizando un anticuerpo monoclonal específico; se utilizan bolas de látex recubiertas con anticuerpos monoclonales que reaccionan específicamente con el antígeno de una levadura localizado en su pared celular y un agente disociante que permite la exposición al antígeno (Linares y Solís, s.f.).

1.2.16.3 Auxonograma

“Se fundamenta en la aplicación por separado de diferentes nutrientes hidrocarbonados o nitrogenados, sobre un medio sintético base para observar el crecimiento selectivo de una levadura en la cercanía de los nutrientes necesarios para su desarrollo” (Linares y Solís, s.f. p. 12). Es importante principalmente en levaduras para definir la especie con base en características fisiológicas y es la utilización o asimilación de alimentos con carbono o nitrógeno (Linares y Solís, s.f.).

Para sembrar la cepa problema se hace una suspensión en solución salina estéril. El material empleado comprende cajas de Petri estériles de 15 cm de diámetro con medio para auxonograma (medio de Lodder modificado). Se usa el medio sin carbono para estudiar alimentos que CONTIENEN este último y sin nitrógeno para alimentos nitrogenados. Se utilizan pequeños discos de papel filtro de 1 cm de diámetro que se impregnan con 2 gotas de solución a 20% de la sustancia por estudiar (glucosa, galactosa, maltosa, sacarosa, lactosa, rafinosa, trehalosa, celobiosa) y se desecan en la estufa. Para la asimilación de nitrógeno, el medio que se utiliza para auxonogramas, sin sulfato de amonio y con 20 g de glucosa pura. Se utiliza para probar sulfato de amonio, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ y nitrato potásico, KNO_3 . Se coloca en la caja de Petri el medio de cultivo sin el alimento que se desea probar y se siembra en toda la superficie una suspensión de levaduras. Los discos se colocan en círculo en la superficie de la gelosa. Normalmente, en ausencia de un componente esencial, ningún cultivo se desarrollará en el medio, pero habrá crecimiento del hongo alrededor del disco que contiene el alimento carbonado (Ej: glucosa) o nitrogenado, utilizable por el hongo. Una variante es el medio de extracto de levaduras para asimilación de azúcares, empleado para identificar levaduras. Se esteriliza este medio base y se añaden discos o comprimidos impregnados con los azúcares por estudiar (Arenas, 2014, p. 50-51).

1.2.16.4 Zimograma

Es la fermentación de azúcares. Se cultiva la levadura en un medio líquido con un glúcido y un indicador coloreado. Se emplean tubos de hemólisis Ivan-Hall, con un ensanchamiento y una perla de vidrio que actúa como válvula. Se utiliza medio de agua peptonada con el indicador (Indicador de Andrade). Bajo técnica estéril se agrega unas gotas de solución a 30% del azúcar escogido; si hay viraje del indicador señala acidificación; la apariencia de una burbuja debajo de la perla de vidrio indica formación de gas. El medio de Marcelou-Kinti, se utiliza para fermentación rápida de azúcares. Se remoja el agar en 900 mL de agua 24 h; luego se añade la peptona. Se calienta a 110°C durante 10 minutos. Se agrega el indicador de bromocresol y el cloranfenicol y se afora a 1000 mL. El pH se ajusta a 7 con bicarbonato de sodio al 10%. El medio queda de color púrpura o violeta. Para esta prueba de fermentación se preparan soluciones a 30% de glucosa, maltosa, rafinosa, galactosa, sacarosa y trehalosa; luego se impregnan discos de papel de filtro que se colocan en tubos de hemólisis y se añade el hongo por estudiar en solución fisiológica. El medio previamente derretido al baño María se distribuye a 45°C. Se tapan los tubos y se colocan a 37°C durante 24 a 48 h. Si hay fermentación, el medio se decolora (Arenas, 2014, p. 51).

1.2.16.5 Sistemas semiautomáticos para la identificación de hongos levaduriformes

“En la actualidad se han comercializado diversos métodos de asimilación de nutrientes que simplifican tanto su uso como su identificación” (Linares y Solís, s.f. p. 13), estos son:

- API 20C AUX®

Se compone de 20 cúpulas con sustratos deshidratadas que permiten realizar 19 pruebas de asimilación. Las cúpulas se inoculan con un medio mínimo semisólido y las levaduras solo se reproducen si son capaces de utilizar el sustrato correspondiente; permite identificar un total de 34 especies diferentes. Las lecturas de estas reacciones se hacen por comparación con un control de crecimiento y la identificación se obtiene a partir de un código numérico y un catálogo analítico o un programa informático (Linares y Solís, s.f. p. 13-14).

- Galería ID 32C®

Está compuesta por diferentes pruebas de asimilación y por una base de datos especialmente adaptada; permite identificar 63 especies diferentes de microorganismos levaduriformes y puede ser utilizada manualmente o bien de forma automatizada mediante los sistemas ATB Expression o mini API. La galería se compone de 32 cúpulas: 29 contiene cada una un sustrato carbonado deshidratado, una es el control negativo, otra detecta la sensibilidad a la cicloheximida y la última es una prueba colorimétrica para la esculina. El procedimiento

para la inoculación de la galería, incubación e interpretación, es similar al API 20C AUX; la única diferencia es la posibilidad de realizar la lectura de la galería de forma automática mediante el sistema ATB Expression o mini API (Linares y Solís, s.f. p. 14).

- Sistema Vitek®

Las tarjetas Yeast Biochemical Card (YBC) del sistema Vitek (BioMérieux) permiten la identificación de levaduras; son unas tarjetas plásticas desechables que incluyen 30 celdillas: 26 pruebas bioquímicas convencionales y cuatro controles; además, el sistema consta de un módulo con cámara de vacío para inoculación de las tarjetas, un lector/incubador, un sistema automático de manipulación de tarjetas, un fotómetro para medir la densidad óptica, un ordenador central y una impresora. Permite identificar 36 especies diferentes de levaduras (Linares y Solís, s.f. p. 14).

1.2.16.6 Sistemas automáticos para la identificación de hongos levaduriformes

Los mismos autores del tema anterior afirman que son varios los métodos automáticos utilizados para identificar levaduras:

- Sistema Vitek 2®

Es un sistema totalmente automático que puede identificar levaduras en tan solo 15 horas; está basado en tecnología de fluorescencia y se compone de las tarjetas de análisis con 63 pozos, una consola satélite para la recogida de la información, un módulo incubador, un módulo principal donde se procesa la información gracias a un software de análisis y un sistema experto avanzado (Linares y Solís, s.f. p. 14-15).

- Sistema Biolog YT Microplate®. "Permite la identificación de organismos levaduriformes mediante 94 pruebas bioquímicas, llegando a identificar hasta un total de 267 especies diferentes pertenecientes a 53 géneros" (Linares y Solís, s.f. p. 15).

- Rapid Yeast Identification Panel MicroScan®

Método automatizado para la identificación rápida de 40 especies de levaduras y otros microorganismos afines. Se basa en la utilización de pruebas convencionales y cromogénicas en una placa de microdilución de 96 pozos que utiliza 27 sustratos deshidratados (Linares y Solís, s.f. p. 15).

1.2.16.7 Sistemas rápidos para la identificación de hongos levaduriformes

Los mismos autores afirman que estos sistemas se basan en pruebas bioquímicas y enzimáticas:

- RapID Yeast Plus System®

Es un sistema compuesto de un panel de 18 pozos, cada uno contiene un sustrato convencional o cromogénico que detecta la asimilación de carbohidratos, ácidos orgánicos o aminoácidos, así como la hidrólisis de la urea y de ácidos grasos. Permite identificar hasta 43 especies de levaduras (Linares y Solís, s.f. p. 16).

- Fongiscreen 4H®

Sistema basado en el estudio del perfil enzimático de algunas levaduras, permitiendo identificarlas en 4 horas. La utilización de sustratos deshidratados por las enzimas fúngicas se manifiesta por un cambio de color, ya sea espontáneamente o después de añadir un reactivo revelador (Linares y Solís, s.f. p. 16).

1.2.17 Mantenimiento y preservación de hongos

Mantenimiento de hongos: del cultivo de hongo puro se siembra una porción con estilete en la mitad de la superficie del medio de cultivo (en pico de flauta) que favorece el crecimiento y contenido en tubos de ensayos taparrosca estériles y en condiciones de asepsia, luego se lleva a (4°C), lo que permite tener el hongo en mantenimiento.

Preservación de hongos:

En la actualidad las potencialidades de los microorganismos son explotadas en diversos sectores de la economía y la salud, de ahí la importancia de contar con colecciones bien conservadas que cumplan las premisas de un buen proceso de conservación; que el cultivo a conservar sea puro, evitando que se produzcan contaminaciones durante el proceso de conservación; que durante el tiempo de conservación sobrevivan al menos el 70-80% de las células y que estas células permanezcan genéticamente estables (Arencibia et al., 2008, p. 1).

Se usan diferentes técnicas, van desde los procedimientos más sencillos (preservación por repicados sucesivos) a los más actualizados; su utilidad no está solo limitada por los inconvenientes de cada técnica, sino por el hecho de que la experiencia transmitida

se ciñe a hongos muy concretos y a unos períodos breves de observaciones (Tello et al., 1991).

1.2.17.1 Principio que sustenta la preservación de microorganismos

Es la conservación de microorganismos mediante procesos *in vitro*, cuando un organismo se implanta en un ecosistema comienza a desarrollarse consumiendo los nutrientes disponibles y se expande en el espacio conforme. Agotadas las fuentes nutritivas, o bajo condiciones adversas, paraliza o atenúa su metabolismo, entrando en un periodo de dormancia, a este fenómeno se le ha denominado microbiostasis o hipobiosis (Tello et al 1991). A través de técnicas de preservación se pretende mantener a los microorganismos en este estado con el fin de que se disminuya su actividad metabólica, sin que se alteren sus características morfológicas (Gerhardt et al., 1981).

Se han establecido varios métodos de preservación con los cuales se trata de mantener el cultivo viable y con un mínimo de cambios genéticos, lo más cercano posible al aislamiento original. La mayoría de los métodos de preservación logran reducir el ritmo metabólico de los organismos por retención de nutrientes, agua y oxígeno; por reducción de la temperatura de conservación; o por combinación de ambos (Arencibia et al., 2008, p. 2).

“Los métodos de conservación para microorganismos se agrupan atendiendo a los factores tiempo y características fisiológicas de la cepa en tres grandes grupos: métodos a largo y corto plazo y métodos alternativos” (Arencibia et al., 2008, p. 3).

Entre los métodos de conservación a largo plazo están:

1.2.17.2 Congelación

Se congelan las células en suspensión en un líquido con un agente crioprotector y se guardan a temperaturas inferiores a cero grados centígrados, con lo que el agua se congela. De esta forma, al no disponer las células de agua en forma líquida, no hay crecimiento. Cuando se quiere trabajar con las células así conservadas, se recuperan subiendo la temperatura (Arencibia et al., 2008, p. 4).

Los cuatro factores que influyen en la viabilidad y estabilidad de las células conservadas por este método son los siguientes:

- Edad de las células (en la mayoría de los casos conviene utilizar células maduras de la fase estacionaria de la curva de crecimiento).

- Velocidad en la congelación y descongelación (en general es mejor que las variaciones de la temperatura sean rápidas, tanto para la congelación como para la descongelación).
- Temperatura de almacenamiento (debe ser lo más baja posible. Lo mejor es guardar tubos cerrados o sellados, que contengan las células microbianas, sumergidos en nitrógeno líquido, que tiene una temperatura de -195°C).
- Empleo de agentes crioprotectores (sustancias protegen del daño que se pueda producir en las células microbianas en el momento de la congelación) (Arencibia et al., 2008).

1.2.17.3 Liofilización

Consiste en la eliminación del agua de una sustancia congelada por sublimación del hielo bajo vacío. Este proceso consta de tres etapas, la precongelación del producto para asegurar una estructura completamente congelada; el secado primario con el que se elimina la mayor parte del agua por sublimación; y el secado secundario con el que se remueve el agua que queda ligada (Sharma y Smith, 1999, citado por Arencibia et al., 2008, p. 6).

1.2.17.4 Sustancias crioprotectoras o criopreservantes

Son las que aumentan la supervivencia de células preservadas, disminuyen el punto de congelación del agua de tal manera que a cualquier temperatura una pequeña fracción de medio suspendido será formando de hielo. Los solutos disueltos de esta manera serán más diluidos y ejercerán menor presión osmótica o química en las células suspendidas. Esta reducción en la toxicidad de solutos y sales es la finalidad de conteos de grandes proporciones de la acción protectora de los crioprotectantes. Muchos de ellos contienen grupos OH los cuales interactúan con agua por Hidrógeno y pueden ayudar a estabilizar el agua líquida e inhibir la formación de hielo cristalizado. Además, pueden incrementar la viscosidad de la suspensión del medio en forma considerable. La probabilidad de una simple vitrificación depende del porcentaje de enfriamiento usado, la viscosidad del medio suspendido y el contenido intracelular. La adición de un crioprotectante altamente viscoso tal como glicerol puede estimular la vitrificación de un simple enfriado e incluso en porcentaje relativamente bajo. Muchos crioprotectantes también protegen contra la radiación ionizada, probablemente a través de su habilidad para erradicar radicales libres. Hay evidencia de crecimientos que liberan radicales y pueden ser producidos durante el enfriamiento y que contribuyen al daño de la célula (Kirsop y Doyle, 1991).

1.2.17.5 Glicerol

“Ha demostrado ser una de las mejores sustancias por cuanto sus características moleculares le permiten simular una vitrificación alrededor del microorganismo, lo cual impide que la formación de cristales de hielo lesione las membranas citoplasmáticas” (Sánchez, Corrales, 2005, p. 1). Se hacen suspensiones bacterianas o de esporas, dependiendo del microorganismo a preservar, para hacer dichas suspensiones se utiliza glicerol al 10%, luego se guardan a temperaturas de congelación; el glicerol al 10% es un crioprotector que evita los posibles daños causados en la etapa de congelación. Es una técnica modificada a la propuesta por Posada y Vélez (1997). El glicerol tiene un efecto protector durante el periodo de congelación-descongelación en la preservación de los microorganismos (Tello et al, 1991).

1.2.17.6 Preservación de hongos en glicerol al 10% y a temperatura de congelación

A pesar de que algunos organismos pueden crecer a bajas temperaturas, existe un límite por debajo del cual es imposible la reproducción. El agua pura se congela a 0 °C y el agua de mar a -2,5 °C, pero la congelación no es un proceso homogéneo, de modo que a temperaturas mucho más bajas existen microbolsas de agua no congelada. Aunque el frío previene el crecimiento microbiano, no implica necesariamente la muerte celular. Además, el medio en el que están suspendidas las células afecta su sensibilidad al frío. Los líquidos solubles en agua, como el glicerol y dimetilsulfóxido, cuando se añaden al 10% de concentración final, penetran en las células y las protegen previniendo la formación de cristales de hielo. De hecho, la adición de tales agentes, llamados crioprotectores, es la forma habitual de conservar los cultivos microbianos a temperaturas muy bajas (usualmente -70-196 °C) (Madigan et al., 2003, p. 155).

Para preservar el hongo cuando se visualiza suficiente crecimiento en el medio de cultivo adecuado, se prepara una solución homogénea con el hongo en un erlenmeyer que contenga 200 mL de glicerol al 10% y que su turbidez sea similar al tubo número 1 de la escala de Mcfarland (3×10^7 células/mL). Se guarda la suspensión en tubos eppendorf estériles (1 mL/tubo), se preserva en forma gradual (4°C/4 horas, y por último a temperaturas de congelación). En la Figura 64, se observa la forma cómo se mantienen y se preservan hongos.



A B
Figura 64. Mantenimiento y preservación de hongos.

- A. Mantenimiento del hongo a 4°C.
B. Preservación del hongo a temperaturas de congelación.

Métodos de conservación a corto plazo:

1.2.17.7 Transferencia periódica o subcultivo

La cepa microbiana se guarda en forma de cultivo activo en el medio de cultivo en el que ha crecido; consiste en la transferencia del cultivo a un medio de cultivo fresco a intervalos que aseguren la viabilidad del mismo. Estos intervalos varían dependiendo de las características del microorganismo en cuestión, algunas especies requieren ser transferidas a nuevos medios después de días o semanas, y otras después de meses o años. Esta frecuencia puede reducirse con el almacenamiento del subcultivo a temperaturas relativamente bajas, en un refrigerador a 4°C o en un freezer entre -10°C y -20°C, bajo aceite mineral o agua (Arencibia et al., 2008, p. 7-8).

1.2.17.8 Suspensión en agua destilada o en agua de mar estéril

Es un método alternativo muy utilizado y que da altos porcentajes de viabilidad en diversos tipos de microorganismos, tanto hongos filamentosos como levaduras y algunas bacterias. Consiste en suspender en agua estéril unas cuantas células del cultivo que se quiere conservar. Se pueden preparar en criotubos de los anteriormente mencionados. Los resultados obtenidos en laboratorios de microbiología en la conservación de microorganismos por este método muestran altos porcentajes de viabilidad en períodos a veces superiores a 5 años. La estabilidad para caracteres morfológicos y fisiológicos es

buena, pero no se ha comprobado para caracteres específicos como la virulencia, el poder fermentativo y la preservación de transformantes genéticos (Arencibia et al., 2008, p. 8).

Los métodos alternativos de conservación son:

1.2.17.9 Desección sobre sustratos inertes

El método de almacenamiento de microorganismos en estado de secado ha sido aplicado como un método de preservación particularmente para bacterias y hongos que consiste en la separación del agua y la prevención de la rehidratación. Para el desarrollo de los métodos de desecación se han empleado como sustratos inertes: arena, tierra, zeolita, sílica gel, discos y tiras de papel, tapones de algodón, discos de gelatina y cuentas de vidrio y de porcelana (Arencibia et al., 2008, p. 9).

1.2.17.10 Desección en papel de filtro

Se utiliza un papel bastante absorbente (Whatmann nº 3) que se impregna con una solución muy densa de células y se deja secar al aire (en condiciones estériles). También es posible desecarlos por el procedimiento que se llama desecación líquida (L-Dry) porque se utiliza para ello el liofilizador, pero sin que haya habido congelación previa de las células. El vacío producido por el liofilizador deseca las células, pero hay que evitar que un vacío excesivo provoque evaporación brusca con ebullición (Popov, 2001, citado por Arencibia et al., 2008, p. 9).

1.2.18 Viabilidad de los hongos preservados

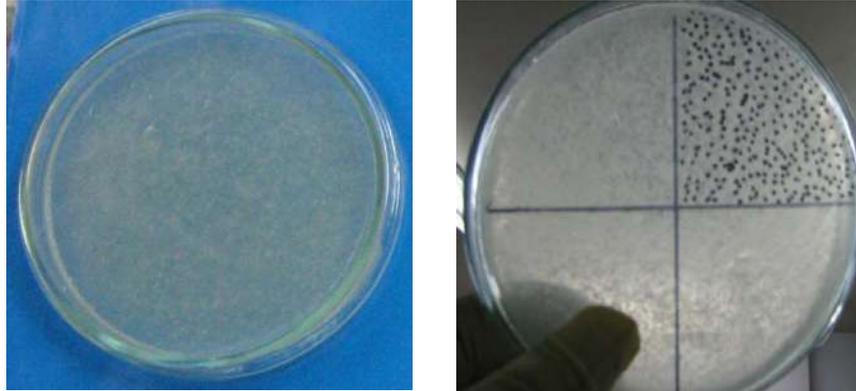
Las pruebas de viabilidad donde se determina: el recuento de colonias, la viabilidad con azul de tripano y el porcentaje de germinación esporas del hongo, permiten definir si el método de preservación es adecuado para las temperaturas de congelación.

1.2.18.1 Recuento de colonias

Al comienzo de la etapa de preservación de hongos se determina la viabilidad inicial y posteriormente se realizan pruebas a intervalos iguales de tiempo, durante un tiempo determinado para analizar la concentración, la viabilidad del hongo y la técnica adecuada para preservarlo.

- *Viabilidad inicial:* después de verter las suspensiones microbianas en los respectivos tubos eppendorf, se toman al azar dos de ellos, se realizan diluciones seriadas hasta 10^{-5} (factor de dilución 1/10), utilizando agua peptonada estéril, se agita en el vórtex

y posteriormente se hacen cinco siembras por profundidad (en medios de cultivo adecuados para su crecimiento), para un total de 40 siembras por profundidad por cada microorganismo. Se incuban a temperatura adecuada, durante 24 h., después se realiza el recuento de colonias (Figura 65).



A B
Figura 65. Recuento de colonias.

- A. Recuento de colonias.
- B. Resultado positivo de la prueba de viabilidad.

- *Viabilidad final:* después de preservado el hongo en tubos eppendorf, se toman dos de ellos (que contienen el hongo preservado en suspensión con glicerol al 10%) y se someten a choque térmico (al baño maría a 37 °C durante cinco minutos). Posteriormente se realizan a partir de esas suspensiones, diluciones seriadas hasta 10^{-5} con factor de dilución 1/10; de cada una de ellas se realizan siembras de la misma manera que se realizarán para la prueba de viabilidad inicial, se incuban a las mismas condiciones de temperatura y tiempo, luego se realiza el recuento de unidades formadoras de colonias (UFC). Se realizan análisis estadísticos para determinar si hay diferencias significativas en los resultados obtenidos y así determinar si el método de preservación es adecuado para el hongo preservado.

1.2.18.2 Determinación de viabilidad con azul de tripano

Para la realización de esta prueba, se toma un porta-objeto, donde se depositan 25 μ L de suspensión de esporas del hongo en 25 μ L de azul de tripano al 2%. Se deja en reposo durante un minuto, posteriormente se procede al recuento de células viables (son las

células que no toman la coloración) y no viables (son las células azules) en un total de 100 células observadas (Figura 66).

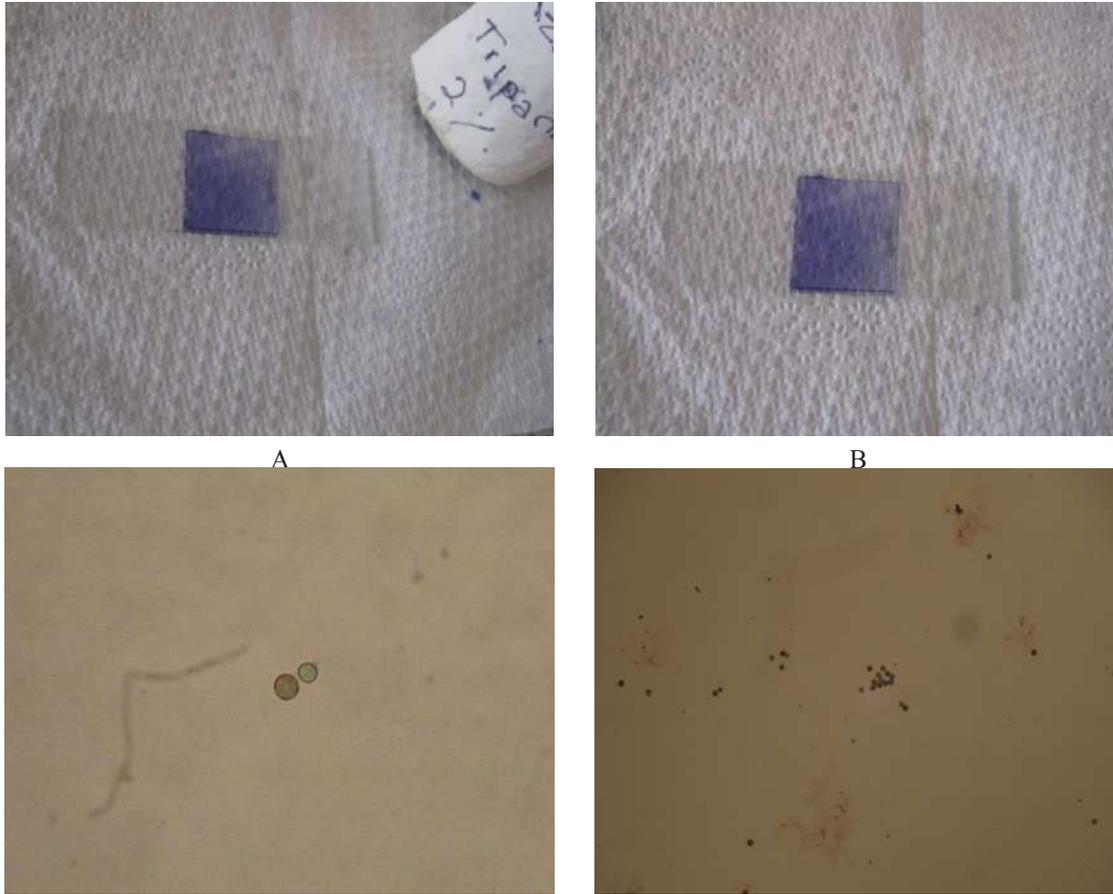


Figura 66. Determinación de la viabilidad del hongo con azul de tripano.

- A. Suspensión de esporas con solución de azul de tripano al 2%
- B. Se deja en reposo por un minuto
- C. Espora viable (café), no toma el colorante. Espora no viable (verde), toma el colorante.
- D. Recuento de esporas viables y no viables.

1.2.18.3 Germinación de esporas del hongo

“Esta prueba establece la viabilidad del hongo y en combinación con el estimativo del número de esporas se puede calcular la cantidad de esporas viables en una dilución por unidad de volumen o peso” (Vélez et al., 1997, p. 12).

Se realizan diluciones con factor de dilución 1/10; de la dilución 10^{-3} , se toman $4\mu\text{L}$ y se depositan en cuatro marcas (X) previamente demarcadas en el reverso de la caja (1 $\mu\text{L}/\text{X}$); este proceso se realiza en 5 cajas de Petri que contenga agar agua al 1,5% sin acidificar. Se incuban las cajas de Petri a temperatura ambiente y después de 24 horas se deposita sobre cada alícuota de dilución depositada, una gota de azul de lactofenol; con la ayuda de un bisturí, se sacan los cuadrantes de cada alícuota, se depositan sobre portaobjetos y a cada uno se le coloca un cubre-objeto para luego realizar el conteo de esporas germinadas y no germinadas con la ayuda del microscopio; se determina el porcentaje de germinación del hongo en cada caja de Petri (Vélez et al., 1997) (Figura 67).



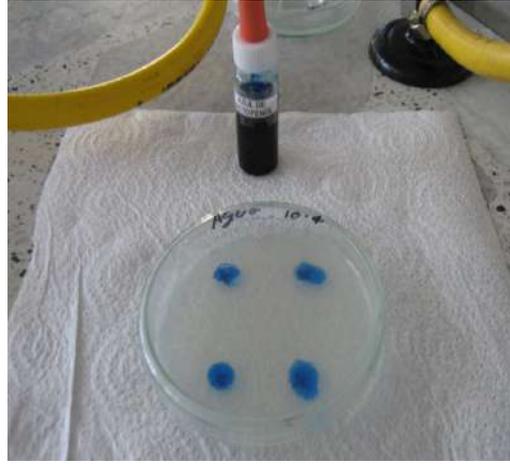
A



B



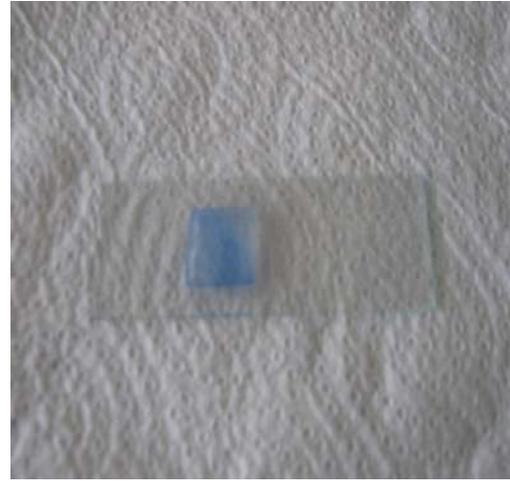
C



D



E



F

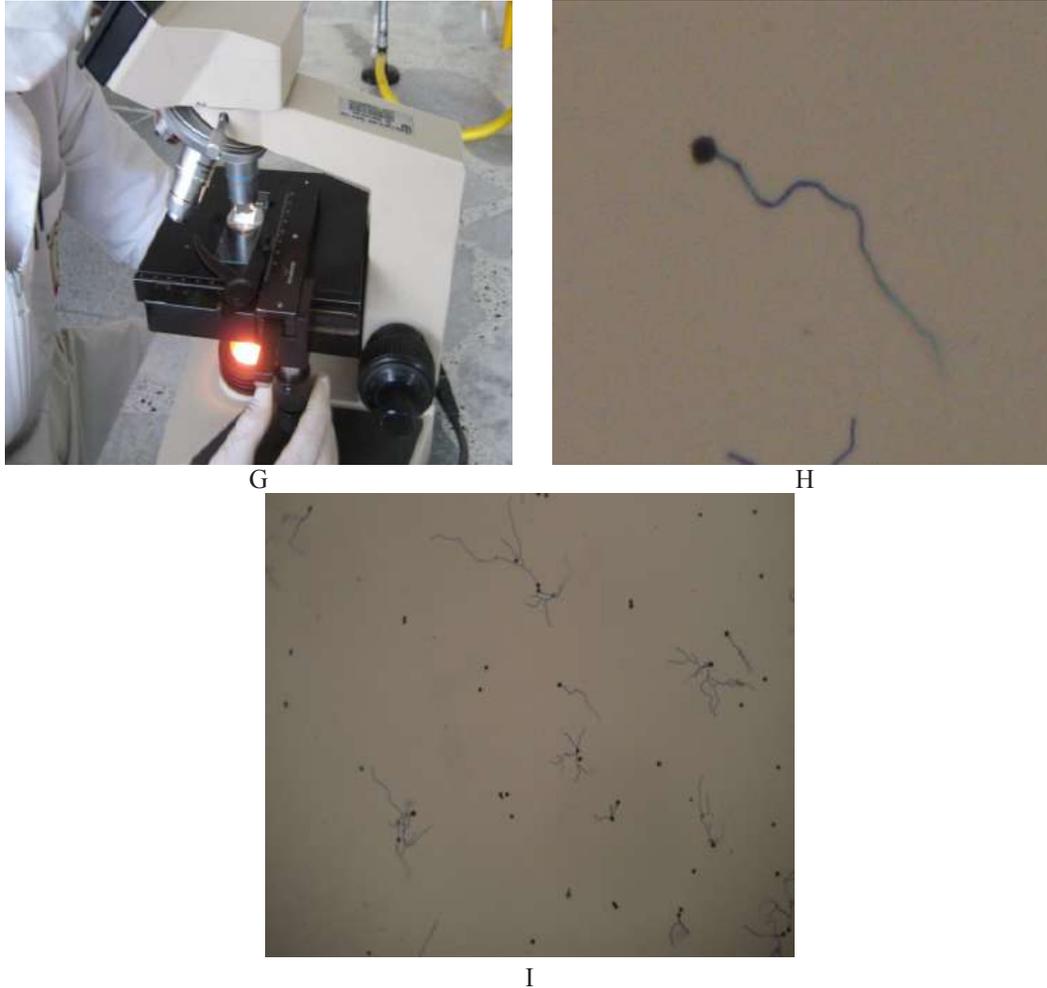


Figura 67. Procedimiento para determinar el porcentaje de germinación de esporas del hongo.

- A. Suspensión del hongo
- B. Ubicación de puntos en el reverso de la caja de Petri
- C. Adición de azul de lactofenol después de 24 horas
- D. Azul de lactofenol en las cuatro alícuotas del hongo
- E. Recorte de cuadrantes
- F. Cuadrante de la alícuota con azul de lactofenol
- G. Observación del cuadrante al microscopio
- H. Espora germinada
- I. Campo visual del microscopio con esporas germinadas

1.2.19 Medios de cultivos sintéticos para hongos

La composición de los medios de cultivos sintéticos es conocida; muchos incluyen derivados de fuentes naturales como peptona, caseína hidrolizada, extracto de levadura, etc. Todos los medios de cultivo empleados para el estudio de hongos se deben esterilizar antes de emplearlos y normalmente se les adiciona una sustancia solidificante como el agar (derivado de una especie de alga) (Castaño, 1994).

“Generalmente los hongos crecen mejor en un medio rico en carbohidratos” (Schwartz et al., 1981, p. 18), pero el mantenimiento en éstos durante largo tiempo, puede reducir la esporulación; generalmente prefieren una reacción ligeramente ácida, pH 5,5 – 5,8, parámetro que puede ser ajustado al nivel deseado adicionando hidróxido de sodio (NaOH) 1N o ácido clorhídrico (HCl) a la solución caliente. El agar no solidifica satisfactoriamente en soluciones muy ácidas o soluciones alcalinas; la concentración del agar es generalmente entre 1,5-2% (15 a 20 g/L).

La peptona puede ser omitida generalmente de medios para el cultivo de hongos. El agua corriente es a menudo preferible al agua destilada, puesto que contiene trazas de elementos útiles (Castaño, 1994). Algunos medios de cultivo que se utilizan para hongos se encuentran relacionados en la Tabla 4.

Tabla 4.
Algunos medios de cultivos sintéticos utilizados para hongos.

| Medio | Uso | Composición |
|---------------------------------------|--|---|
| Agar Sabouraud | “Se utiliza para aislamiento primario de hongos filamentosos y levaduri-formes” (Britania, s.f. p. 1). | Peptona: 5 g Tripteína: 5 g Glucosa: 40 g Cloranfenicol: 0,05 g Agar: 15 g Agua purificada: 1000 mL (Britanis, s.f.) |
| Caldo dextrosa de Sabourad | “Es un medio no selectivo para el cultivo y mantenimiento de hongos patógenos y no patógenos, en especial dermatofitos. Se logra selectividad mediante la adición de cloranfenicol” (Becton, Dickinson and Company, 2007, p. 1). | Digerido pancreático de caseína: 5 g Digerido péptido de tejido animal 5 g Dextrosa: 40 g Agar: 15 g Agua purificada: 1000 mL (Becton, Dickinson and Company, 2007). |
| Agar papa dextrosa (PDA) | Medio idóneo para el aislamiento y estudio de hongos (Castaño, 1994). | Infusión de papa: 200 g Dextrosa: 20 g Agar: 15 g Agua purificada: 1000 mL (Soria, 2009) |
| Agar papa dextrosa acidificado (PDAA) | Medio útil para eliminar bacterias contaminantes (Castaño, 1994). | Papa: 200 g Dextrosa: 20 g Agar: 20 g Agua: 1000 mL Ácido láctico 25%: 100 gotas Adicionar el ácido cuando el medio haya sido esterilizado (Castaño, 1994). |
| Agar levadura almidón(LAA) | Es un medio para <i>Allomyces</i> , también es útil para el aislamiento de otros hongos, como Phycomycetes acuáticos | Extracto de levadura: 4 g Almidón soluble: 15 g K_2PO_4 : 1 g $MgSO_4 \cdot 7H_2O$: 0,5 g Agar: 20 g Agua: 1000 mL (Castaño, 1994). |

| | | |
|------------------------------------|---|---|
| Agar jugo o zumo V-8 | Se utiliza para uso rutinario. La mayoría de los Ascomycetes esporulan bien sobre él, como también los Zygomycetes, Oomycetes y muchos Deuteromycetes (Castaño, 1994) | Agar V-8: 180 mL Carbonato de calcio: 3 g Agar: 20 g Agua: 1000 mL pH: 5,5 (Castaño, 1994). |
| Agar avena | Puede ser utilizado para aislar <i>Phytophthora infestans</i> (Castaño, 1994). | Avena: 20 g Agar: 20 g Agua: 1000 mL (Castaño, 1994). |
| Agar agua (AA) | Es un medio muy pobre, que permite un escaso crecimiento micelial facilitando la visualización de algunas fructificaciones fúngicas. Se utiliza en capas muy finas (5 mL de medio por caja de Petri). | Agar: 15 g Agua: 1000 mL Se esteriliza a 120°C durante 15 minutos. |
| Agar Rosa de Bengala Cloranfenicol | “2Agar selectivo para el aislamiento y enumeración de levaduras y mohos en muestras alimenticias y medioambientales” (Mast Group Ltda, s.f. p. 1) | Fosfato dipotásico: 1 g Mezcla de Peptona: 5 g Glucosa: 10 g Fosfato dipotásico: 1 g Sulfato de magnesio: 0,5 g Rosa de Bengala: 0,05 g Cloranfenicol: 0,5 mL Agar: 12 g Agua: 1000 mL pH: 7,2 (Mast Group Ltda, s.f.) |
| Agar Rosa de Bengala-dicloran | “Es selectivo para el aislamiento y recuento de levaduras y mohos significativos en el deterioro de alimentos” (Carrillo, 2003, p. 32). | Fosfato monopotásico: 1 g Peptona: 5 g Glucosa: 10 g Sulfato de magnesio heptahidratado: 0,5 g Rosa de Bengala: (5% p/v en agua) 0,5 mL Cloranfenicol: 0,1 g Diclorán: (0,2% p/v en etanol) 1 mL Agar: 15 g Agua: 1000 mL pH: 5,8 (Carrillo, 2003, p. 32). |

| | | |
|------------------------------|--|---|
| Medio de Lodder modificado | “Para la identificación de levaduras (Auxonogramas), mediante la asimilación de carbono y nitrógeno” (Arenas, 2011, p. 48) | Gelosa lavada: 20 g Sulfato de amônio: 2 g Fosfato monopotásico: 1,5 g Sulfato de magnesio: 0,25 g Biotina: 10 ⁸ U Tiamina: 10 ⁶ U Piridoxina: 10 ⁶ U Ácido nicotínico: 10 ⁶ U Pantotenato de calcio: 10 ⁶ U Inositol: 10 ⁶ U Oligoelementos (solución de Berthelot): 10 gotas Agua bidestilada: 1000 mL (Arenas, 2011). |
| Medio de Lodder y Bastide | Para la identificación de levaduras (Auxonogramas), mediante la asimilación de carbono y nitrógeno (Arenas, 2011, p. 48) | Fosfato dipotásico: 1 g Sulfato de magnésio: 0,5 g Sulfato de amônio: 5 g Agar: 20 g Agua destilada: 1000 mL (Arenas, 2011). |
| Agar extracto de levadura | “Utilizado para el aislamiento y recuento de hongos filamentosos y levaduras” (Aravanlabs, s.f. p. 1). | Extracto de levadura: 5 g Glucosa: 20 g Cloranfenicol: 0,1 g Agar: 14,9 g Agua destilada: 1000 mL (Aravanlabs, s.f.) |
| Medio de MarcelouKinti | Para determinar la “fermentación rápida de azúcares” (Arenas, 2011, p. 49). | Agar: 9 g Peptona: 10 g Púrpura de bromocresol: 0,04 g Cloranfenicol: 0,5 g Agua destilada: 1000 mL (Arenas, 2011) |
| Agar Harina de Maíz (HMA) | Para aislar especies de <i>Pythium</i> y <i>Phyto-phthora</i> y en general hongos de agua (Castaño, 1994). | Harina de maíz: 19 g Peptona: 2 g Dextrosa: 8,9 g Agar: 15 g Agua: 1000 mL (Castaño, 1994) |
| Agar Papa Malta (PMA) | Indicado para inducir la producción de peritecios de especies de <i>Chaetomiium</i> (Castaño, 1994). | Papa: 60 g Extracto de malta: 10 g Agar: 15 g Agua: 1000 mL (Castaño, 1994). |
| Agar Extracto de Malta (EMA) | Es útil para el crecimiento de hongos pudridores de la madera (Castaño, 1994). | Extracto de Malta: 25 g Agar: 15 g Agua: 1000 mL (Castaño, 1994). |

| | | |
|--|---|---|
| Agar Glucosa Peptona | Es útil para aislar hongos del suelo (Castaño, 1994). | Glucosa: 5 g Peptona: 1 g Agar: 20 g Agua: 1000 mL (Castaño, 1994). |
| Agar Infusión de Manzano Extracto de Malta | Es útil para inducir la producción de peritecios en <i>Venturia inaequalis</i> (Castaño, 1994). | Hojas de manzano secadas al aire: 25 g Papa: 40 g Dextrosa: 5 g Agar: 7 g Agua: 1000 mL (Castaño, 1994). |



HONGOS DE
IMPORTANCIA CLÍNICA

Durante muchos años, la identificación de los hongos patógenos que causan infecciones sistémicas, se ha considerado solo como un asunto académico sin demasiada importancia práctica. En las últimas décadas esta situación ha cambiado, debido a: la aparición de nuevos antifúngicos, y el aumento de la población susceptible de adquirir una infección sistémica causada por hongos, lo que conlleva un aumento de incidencia de esta patología.

Los hechos anteriores conducen a la introducción de nuevas especies patógenas que conviven o desplazan a las habituales. Es necesario aislar e identificar el hongo causante de la infección porque con ello se puede elegir el tratamiento más adecuado y preparar la detección de cepas resistentes, que es una necesidad porque las especies patógenas que causan infección con más frecuencia tienen un patrón de sensibilidad o resistencia bastante presumible. Sin embargo, es solo cuestión de tiempo que este panorama cambie (Rodríguez et al., 2001).

Para identificar hongos aparte de determinar las características microscópicas y macroscópicas, pueden utilizarse otras técnicas como: detección de antígeno, la genética y la serología.

Características microscópicas: cuando en una muestra clínica se tiñen mediante la tinción de Gram, las levaduras se observan de color violeta y los hongos filamentosos de color rosado, aunque con esta tinción no se visualizan bien. Para los estudios micológicos, las muestras fluidas pueden observarse en fresco con un colorante como el azul algodón o el blanco de calcoflúor. Algunas muestras clínicas como: esputo, pus, biopsias y raspados cutáneos o ungueales pueden observarse en fresco adicionando solución de hidróxido de potasio (KOH) que disgrega las células y facilita la visualización de los hongos; si en el líquido cefalorraquídeo se sospecha la presencia de *Criptococo*; se puede depositar una gota de tinta china en el porta-objeto, lo que permite visualizar la cápsula y por tanto identificar presuntivamente la levadura; para la visualización de los hongos en los tejidos, los cortes histológicos deben teñirse mediante la tinción de PAS (Periodic Acid-Schiff) o emplear tinciones argénticas (Prats, 2013).

Características macroscópicas: los hongos crecen bien en medios artificiales y en general tienen requerimientos nutritivos simples; el más utilizado es el medio Sabouraud, rico en glucosa, con una alta osmolaridad y con un pH bajo (dificulta el crecimiento bacteriano); la adición al medio de antibióticos como el cloranfenicol o la gentamicina, que inhiben el crecimiento de las bacterias, o de antifúngicos selectivos como la cicloheximida (actidiona) que inhibe el crecimiento de muchos hongos no patógenos, transforman el medio Sabouraud en un medio selectivo para los dermatofitos y los hongos dimórficos.

Los hongos filamentosos tienen un aspecto algodonoso muy característico que los hace fácilmente diferenciables, por el contrario, los hongos levaduriformes dan colonias compactas, similares a las bacterianas (Prats, 2013).

Detección de antígeno: algunas técnicas de detección de antígeno han demostrado ser de gran utilidad para el diagnóstico de determinadas micosis. Así, ante la sospecha de una meningitis causada por *Criptococo*, debe estudiarse la presencia del antígeno capsular en el líquido cefalorraquídeo por técnica de aglutinación. La detección de galactomanan en el suero por técnicas de EIA se utiliza para el diagnóstico precoz de las infecciones profundas por *Aspergillus* (pulmonares y sistémicas). La detección de μ -glucanos por EIA se utiliza para alertar sobre la existencia de una micosis profunda causada por un gran número de hongos (a excepción de *criptococo* y hongos inferiores) (Prats, 2013).

Pruebas genéticas: las técnicas genéticas (Reacción en Cadena de la Polimerasa – PCR –) se utilizan para detectar directamente los hongos causantes de la infección en la muestra clínica, como para la identificación de los aislados, con resultados prometedores en ambos casos (Prats, 2013).

Pruebas serológicas: tienen poca utilidad diagnóstica debido a la dificultad de disponer de antígenos específicos ya que la mayoría de las micosis invasivas se dan en pacientes gravemente inmunodeprimidos (Prats, 2013).

Los hongos de importancia clínica se pueden clasificar en dermatofitos y hongos que producen: micosis superficiales, micosis subcutáneas, micosis sistémicas, micosis oportunistas.

2.1 Hongos dermatofitos

La etimología del término 'dermatofito' es muy antigua: proviene de los términos griegos *derm* (que significa piel) y *phyte* (que significa planta). Sin embargo, debido a que los dermatofitos no están filogenéticamente relacionados con las plantas (como se creía antiguamente), este término puede considerarse como no adecuado en la actualidad. Son hongos queratinolíticos; es decir, tienen la capacidad de digerir y utilizar la queratina como sustrato (Fernández et al., 2005, p. 226).

Los dermatofitos son hongos filamentosos pluricelulares, potencialmente patógenos para el hombre y los animales, poseen gran capacidad de adaptación a las condiciones ambientales más diversas y tienen especial afinidad para parasitar las estructuras queratinizadas, por lo que reciben el nombre de hongos queratinofílicos. No afectan las mucosas ni semimucosas (Fernández et al., 2005, p. 227).

Los dermatofitos son conocidos desde la antigüedad. Los griegos las denominaron herpes por la forma circular, los romanos crearon el término de *tinea*, que significa *apolillado*, fue utilizado desde el siglo V por Cassius, refiriéndose al aspecto clínico de la Tiña de la cabeza. Celso utiliza por vez primera el término *Favus*. Sin embargo, por aquellos tiempos las dermatofitosis se confundieron a menudo con otras afecciones (piodermatitis, lepra, entre otras.). Incluso, después de conocerse la etiología, hubo que esperarse hasta el siglo XIX para que Remak, Schoenlein, Gruby, Malmsten y posteriormente Sabouraud ordenaran la compleja taxonomía de los dermatofitos (Sánchez et al., 2009, p. 226).

“El hábitat natural de este grupo de hongos también condiciona el grado de inflamación” (Caballería et al., s.f. p. 1). Sus infecciones representan el tipo más común de enfermedad micótica en el hombre, por lo que es importante determinar sus características para poder hacer identificaciones exactas en caso necesario (Delgado et al., 1994). Las infecciones por estos hongos presentan síntomas bastante variados.

2.1.1 Clasificación de hongos dermatofitos

La primera propuesta taxonómica para la clasificación de los dermatofitos fue realizada por Emmons en 1934; los clasificó en tres géneros: *Microsporum*, *Trichophyton* y *Epydermophyton*. Dicha clasificación estaba basada en las características de los conidios, células reproducidas mediante una fase asexual, única forma de reproducción conocida hasta entonces. Sin embargo, a partir de 1960, varios estudios revelaron que los dermatofitos también podían reproducirse sexualmente mediante ascosporas (Fernández et al., 2005, p. 6).

Así pasaron a ser clasificados como ascomicetos dentro de la familia Gymnoascaceae. Currah (1985) estableció un esquema a partir de la morfología de las ascosporas, del tipo y organización del peridio y del tipo de sustrato en que estos hongos se desarrollan (queratina o celulosa). Los teleomorfos de los dermatofitos (*Arthroderma* y *Nannizzia*) fueron clasificados dentro de la familia de los Arthrodermataceae pertenecientes al orden Onygenales. Actualmente, se considera a *Nannizzia* como un sinónimo de *Arthroderma* (Fernández et al., 2005, p. 6-7).

Aunque el esquema de clasificación clásica solo contempla los tres géneros mencionados, se ha descrito también un cuarto género: *Keratinomyces* (Fernández et al., 2005, p. 8). En la Figura 68 se relacionan los géneros con sus respectivas especies de los hongos dermatofitos. Los hongos dermatofitos se pueden clasificar con base en los siguientes parámetros: con respecto a su hábitat natural los hongos dermatofitos se clasifican de acuerdo a lo indicado en la Tabla 5 en Antropofílicos (tienen por huésped natural al hombre), Zoofílicos (aquellos cuyo huésped natural son los animales, aunque pueden afectar también al hombre, y Geofílicos (aquellos cuyo hábitat natural es el suelo).

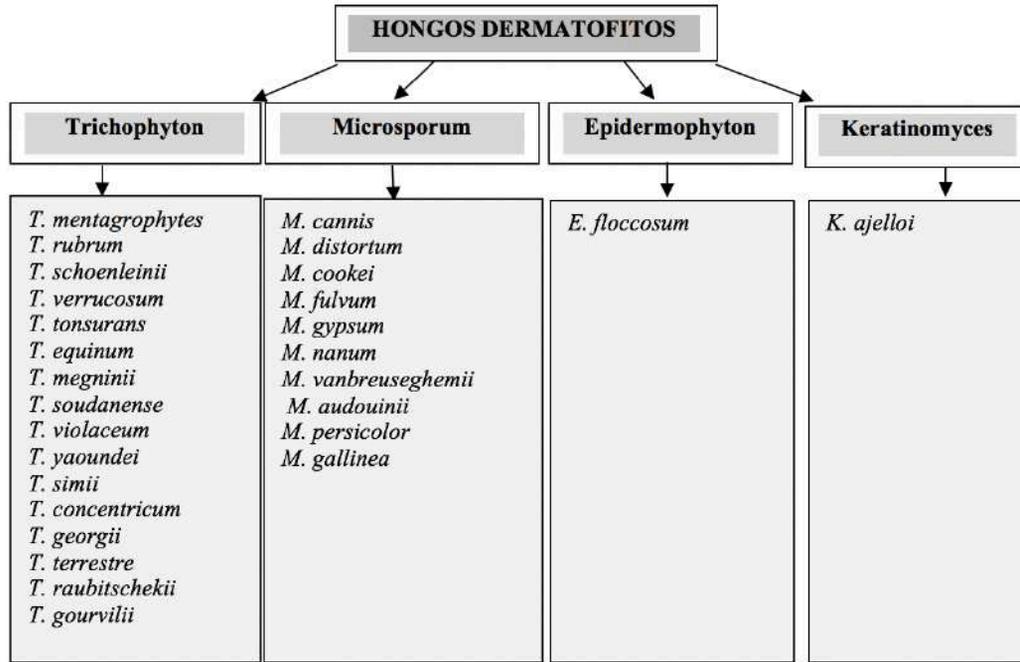


Figura 68. Géneros y especies de hongos dermatofitos.

Tabla 5.

Clasificación de hongos dermatofitos de acuerdo a su nicho ecológico.

| Antropofílicos | Zoofílicos | Geofílicos |
|------------------------|--------------------------|---------------------|
| <i>E. floccosum</i> | <i>M. canis</i> | <i>M. cookei</i> |
| <i>M. audouinii</i> | <i>M. gallinae</i> | <i>M. fulvum</i> |
| <i>M. ferrugineum</i> | <i>M. persicolor</i> | <i>M. gypsum</i> |
| <i>T. concentricum</i> | <i>T. mentagrophytes</i> | <i>M. nanum</i> |
| <i>T. rubrum</i> | <i>T. simii</i> | <i>T. ajelloi</i> |
| <i>T. schoenleinii</i> | <i>T. verrucosum</i> | <i>T. terrestre</i> |
| <i>T. tonsurans</i> | | |
| <i>T. violaceum</i> | | |

Fuente: Sánchez, 2005.

La localización y aspecto de la lesión orientará sobre la posible implicación de un determinado dermatofito. Así, las especies pertenecientes al género *Microsporum* afectan al pelo y la piel, el *E. floccosum* invade la piel y las uñas, y el *Trichophyton* infecta tanto el pelo como la piel y las uñas (Caballería et al., s.f.).

Por otra parte, con base en la reproducción los hongos dermatofitos, se clasifican en anamorfos y teleomorfos:

Los Anamorfos:

Los dermatofitos se reproducen asexualmente mediante la formación de conidios unicelulares (intercalares o terminales) o pluricelulares. Los conidios se forman por la fragmentación de una hifa fértil (artroconidios) o por la desarticulación de la parte apical de la hifa, dando lugar al desprendimiento de las células conidiales. En el caso de los conidios pluricelulares o macroconidios, el proceso de reproducción comienza con el engrosamiento de la parte apical de la hifa. Posteriormente, el conidio queda separado del resto de la hifa por la formación de un septo y continúa su proceso de maduración hasta que se desprende de la misma (conidiogénesis de tipo tálica) (Fernández, 2005).

Los Teleomorfos:

El género *Arthroderma* se caracteriza por presentar gimnotecios con hifas peridiales verticiladas en forma de yugo o ramificadas dicotómicamente. Los ascos son esféricos u ovals con pared evanescente; miden entre 3.9-8 x 3.5-7.5 μm y en su interior tienen ocho ascosporas. Las ascosporas son ovals, de superficie lisa, hialinas o amarillentas y tienen un diámetro de 1.5 - 6 x 1.4 - 4 μm (Fernández, 2005).

2.1.2 Dermatofitosis

Las infecciones producidas por hongos dermatofitos se denominan dermatofitosis, aunque comúnmente también son llamadas tiñas, término que procede del latín *tinea* y que significa gusano o polilla. Esta palabra se usa de forma descriptiva dado el aspecto de serpentina o anular que presentan las lesiones cutáneas con una apariencia de gusano enterrado en la piel (Fernández, 2005, p. 3).

“Son micosis superficiales, que, aunque suelen estar restringidas al estrato córneo de la piel y sus apéndices, también pueden afectar la dermis y el tejido subcutáneo causando granulomas o pseudomicetomas” (Fernández, 2005, p. 3). Debería replantearse la definición del término “dermatofitosis” tras el gran número de casos publicados que

demuestran que estos hongos también afectan el tejido no queratinizado en pacientes con o sin desórdenes inmunológicos (Fernández, 2005, p. 3).

Estos hongos “producen manifestaciones clínicas muy variables, desde síntomas leves, hasta lesiones supuradas e inflamatorias intensas, que reciben el nombre genérico de dermatofitosis o tiñas” (Estrada y Chacón, 2016, p. 954). “Las infecciones por dermatofitos tienen prevalencia mundial y son conocidas clínicamente como “tiñas”, y pueden adquirir el nombre de la zona donde se localicen, por ejemplo: “tiña pedis”. La transmisión se puede dar por contacto directo con personas infectadas, suelos, animales o indirectamente a través del uso de fómites contaminados. “La inoculación directa a través de piel no intacta ocurre principalmente en pacientes con algún grado de compromiso de su estado inmunológico” (Hainer, 2003, citado por Uribe y Cardona, 2013, p. 68).

2.1.3 Aislamiento, identificación y clasificación de hongos dermatofitos

2.1.3.1 Muestras para aislar hongos dermatofitos

Las muestras que se estudian son fundamentalmente escamas dérmicas, pelos, uñas y vellos (axilar, púbico, dentrito ciliar subungueal). Dentro de éstas se incluyen las tineas de la piel, de las manos o de los pies, las tineas del cuero cabelludo, la piedra, las onicomycosis y algunas infecciones por *Candida* (glositis, vaginitis, etc.).

- Escamas. Para la toma adecuada de las muestras de escamas es recomendable practicar un raspado cuidadoso de los bordes de la lesión, preferentemente antes de que ésta haya sido sometida a cualquier tratamiento. La lesión después de haber sido limpiada con agua y secada, debe ser raspada con un bisturí estéril y las escamas recogidas en una caja de Petri (estéril), de donde se tomarán para examen directo y para cultivos (Arango y Castañeda, 2003).
- Cabellos. La muestra tomada debe contener cabellos alterados, escamas del cuero cabelludo o de piel. Para la obtención de cabellos se prefieren aquellos que estén truncos, opacos y parezcan más gruesos, se realiza con una pinza de depilación (es conveniente recolectar entre 10-20 cabellos) (Arango y Castañeda, 2003).
- Material ungueal. El material procedente de las lesiones ungueales puede obtenerse por el respaldo o recorte de las uñas. Se considera mejor recortarlas para evitar que los micelios se fragmenten demasiado y puedan dificultar el examen directo (Arango y Castañeda, 2003).

- Glositis o vaginitis. En caso de glositis o vaginitis, las muestras pueden ser tomadas por raspado, o directamente, sobre una lámina, y después fijadas al calor. El empleo de escobillones de algodón tiene el inconveniente de que éstos se secan después de corto tiempo, lo que puede dificultar la demostración y aislamiento del hongo (Guzmán, 1977, Arango y Castañeda, 2003).

2.1.3.2 Aislamiento de hongos dermatofitos

Se aíslan en medios comunes como Sabouraud, algunos requieren determinados factores de crecimiento, pero en general puede decirse que son poco exigentes; se desarrollan bien a 27 °C. Pueden aislarse primariamente de la naturaleza en fuentes distintas.

2.1.3.3 Identificación morfológica de hongos dermatofitos

“Su identificación rutinaria en el laboratorio de micología clínica se basa fundamentalmente en criterios morfológicos, macro y microscópicos, relacionados con la fase de reproducción asexual (fase imperfecta, anamorfo, mitospórico) de estos hongos” (Cabañes, 2001, p. 3); sin embargo,

Cuando existen dificultades en la identificación de estos hongos, mediante características morfológicas, ya sea por semejanza entre las especies o por falta de estructuras útiles para su identificación, se suelen utilizar otros caracteres distintos a los morfológicos, haciendo uso de técnicas que incluyen pruebas bioquímicas, fisiológicas, ensayos nutricionales, ensayo de perforación del pelo in vitro, etc. (Cabañes, 2001, p. 3 y 8).

Para la identificación de los hongos se tienen en cuenta tanto las características macro como las microscópicas. Sobre las características macroscópicas dice Cabañes:

Los dermatofitos son hongos hialinos que forman colonias que presentan en general colores claros, con gamas de color restringidas a tonos blanquecinos, amarillentos y marronáceos. En pocas ocasiones se observan colonias con colores oscuros u otras tonalidades (azules, verdosas, negras, etc.). Si bien la coloración de las colonias y su textura puede ayudar a identificar estas especies, las características microscópicas son las que determinan su identificación en la mayoría de los casos (2001, p. 3).

Por otra parte, sobre las características microscópicas dice el mismo autor:

Existen diferentes estructuras microscópicas a tener en cuenta para la identificación de estos hongos (clamidosporas, distintos tipos de hifas, etc.). No obstante, la forma y distribución de macroconidios y microconidios es fundamental a la hora de definir los

géneros y especies. Para determinar la presencia de estas estructuras a partir del cultivo, se realiza una Placa con colorante (lactofenol de Amman, azul de lactofenol de algodón o lactofucsina) y un pequeño fragmento de las colonias con el fin de observar al microscopio. En algunos casos, es difícil observar la formación de estos conidios. O bien no presentan la forma característica, o simplemente no se han formado. En este caso se deberá realizar paralelamente un subcultivo en un medio carente de inhibidores (tipo SDA, PDA) y/o un microcultivo con el fin de observar más adecuadamente la conidiogénesis (Cabañes, 2001, p. 3).

2.1.3.4 Identificación de dermatofitos mediante técnicas adicionales

“Existen especies que no forman, o lo hacen raramente, macroconidios y/o microconidios. Algunas cepas pertenecientes a determinadas especies identificables morfológicamente por producir algún tipo de estas estructuras, no las suelen producir” (Cabañes, 2001, p. 3). Algunas pruebas que pueden usarse para proporcionar informaciones adicionales son:

- Prueba del anzuelo con pelos.

Se coloca un pelo sano de un niño menor de 12 años en una caja de petri estéril con 25 mL de agua destilada y 0.1 mL de extracto de levadura al 10%, se incuba a 25 °C durante 3 semanas. Semanalmente se observa al microscopio con azul de lactofenol si se formaron perforaciones causadas por las hifas que penetran el pelo perpendicularmente (Tangarife, 2016, p. 1).

- Producción de ureasa.

Medio utilizado para la diferenciación de levaduras y de algunas especies de dermatofitos. Los microorganismos se siembran en el medio y se incuban a temperatura ambiente por 1 a 2 semanas. Aquellos que producen la enzima ureasa producen una reacción alcalina que es indicada por un color rosado (urea positiva). Aquellos que carecen de la enzima no cambian el color del medio y este permanece de color naranja (urea negativa). Para evitar falsos positivos, hay que tener la precaución de que el cultivo que ensayemos sea puro (Tangarife, 2016, p. 1).

- Crecimiento en arroz.

Los procedimientos de microcultivos y siembra en medio de arroz se realizan con el fin de lograr la esporulación del hongo para su identificación.

En el caso de los microcultivos, se deposita sobre un portaobjetos un pequeño cuadro de agar Corn Meal o PDA (de no más de 1 cm²) y el hongo en estudio se siembra en cada uno de los ángulos superiores del medio de cultivo, se coloca sobre el medio un cubreobjeto y se agrega al fondo de la placa agua destilada estéril (cámara húmeda). Se incuba durante 2-3 semanas (dependiendo del hongo) a temperatura ambiente, se retira el cubreobjeto (al cual se ha adherido el hongo) y se coloca sobre un portaobjeto con azul de lactofenol para observar al microscopio (Tangarife, 2016, p. 1).

- Producción de pigmentos.

Prueba de Purpura de Bromocresol: este es un medio con glucosa y un indicador de cambio de pH, el bromocresol. Los hongos se siembran en el medio y se incuban. Aquellos hongos que utilizan el carbohidrato crecen profusamente comparado con el control sin glucosa y alcalinizan el medio cambiándolo a un color morado. Se considera negativa cuando no hay cambio en el crecimiento del microorganismo del medio con la glucosa y el control sin glucosa (Tangarife, 2016, p. 1).

- Requerimientos nutricionales.

“Otras de las sustancias que necesitan los hongos para su crecimiento son las siguientes: tiamina (especialmente), inositol, histidina, ácidos orgánicos y otros factores de crecimiento” (Samayoa, s.f. p. 2). “Estas técnicas se basan en la diferenciación de las especies de dermatofitos según los requerimientos específicos que tienen algunas de ellas por ciertas vitaminas y otros factores de crecimiento” (Cabañes, 2001, p. 10).

2.1.3.5 Patogenia

“La principal forma fúngica infectiva de los dermatofitos son los artroconidios; estas células son muy resistentes a las condiciones ambientales pudiendo sobrevivir durante largos períodos de tiempo” (Fernandez, 2005, p. 17). “En el ser vivo, los artroconidios se adhieren fuertemente a la membrana externa de las células del estrato córneo. Estos artroconidios se van desarrollando hasta formar hifas, las cuales van penetrando e invadiendo las células queratinizadas” (Fernández, 2005, p. 17).

La queratina es el sustrato que los dermatofitos necesitan para obtener los nutrientes necesarios para su desarrollo. Los dermatofitos metabolizan y digieren esta proteína gracias a la producción de lipasas, endopeptidasas, glucosidasas, nucleasas, queratinasas, colagenasas y elastasas, enzimas que además de favorecer la penetración y el desarrollo micelial en el tejido queratinizado, ocasionan en el huésped respuestas de tipo inflamatorio (Fernández, 2005, p. 17).

La patogénesis de los dermatofitos consta de tres pasos específicos: adhesión, invasión y respuesta inmune, de los cuales aún hay pocos avances y queda mucho por esclarecer. Los mecanismos de adhesión e invasión se empiezan a dilucidar con experimentos in vivo e in vitro que hasta ahora arrojan resultados que explican cómo se inicia y disemina la infección. Sin embargo, la respuesta inmune del hospedero es la que en última instancia juega un papel importante en la resolución o progreso de la infección. Prueba de ello se vive en la práctica con pacientes, en los que se puede observar un amplio espectro clínico, con características diferentes de patrón, severidad y progresión de la infección, producido por un mismo agente etiológico (Uribe y Cardona, 2013, p. 69).

A nivel mundial los dermatofitos son conocidos como unos de los principales patógenos causantes de infecciones en la piel; sin embargo, su fisiopatología sigue siendo un área en la que aún queda mucho por saber, a pesar de múltiples experimentos y estudios llevados a cabo desde el siglo XX. Los mecanismos de adhesión y de invasión se relacionan con la producción de adhesinas específicas a receptores de la piel, proteasas, sibtilisinas, crecimiento longitudinal y transversal del hongo y a la identificación de genes codificadores de estas características (Uribe y Cardona, 2013, p. 67).

2.1.3.6 Manifestaciones clínicas

Los signos clínicos pueden variar, dependiendo de la región afectada. En los humanos, el prurito es el síntoma más frecuente. Las lesiones de la piel, en general, se caracterizan por una inflamación que es más grave en los bordes, con eritema, descamación y, ocasionalmente, la formación de ampollas. Algunas veces se observa un centro más claro, sobre todo en la tiña corporal, lo que ocasiona la formación de la clásica lesión de la "tiña". Puede originarse pérdida del cabello en cuero cabelludo y rostro. Los dermatofitos adquiridos a través de animales o del suelo, en general, producen más lesiones inflamatorias en humanos que los dermatofitos antropofílicos. En los humanos, las dermatofitosis se conocen como "tiña" y su nombre hace referencia a la región corporal involucrada. Las infecciones se pueden propagar a otras áreas; la tiña corporal en niños, por ejemplo, es el resultado de la infección con tiña tonsurante que es extendido al rostro (Center for food security & publiin health e institute for international cooperation in animal biologics, 2008, p. 2).

2.1.3.7 Tinea capitis

"Es la manifestación más frecuente de infección por dermatofitos en niños; decrece a los 10 u 11 años y es excepcional en la edad adulta, probablemente por la aparición de ácidos grasos no saturados, los cuales tienen poder fungistático. Afecta a ambos sexos" (Allevato, 2005, p. 1-2).

Las presentaciones clínicas de estas tiñas son: no inflamatorias, inflamatorias y tiña fávica:

2.1.3.8 No inflamatorias

Tiña tonsurante microscópica. Producida por el *Microsporum canis*, se manifiesta como placas pseudoalopécicas, habitualmente 1 o 2, de 4 a 5 cm de diámetro, de límites netos, circulares u ovaladas, de superficie descamativa, de color ceniciento, a veces con doble circunación concéntrica y con el centro de la placa escamoso y con pelos fracturados a pocos milímetros de la superficie del cuero cabelludo. Puede existir prurito asociado. El recrecimiento del pelo se produce una vez curada la infección (Allevato, 2005, p. 2).

Tiña tonsurante tricofítica. Los *T. violaceum* y *T. tonsurans* son los agentes causales aislados con más frecuencia. Son parásitos endotrix. Además del cuero cabelludo, pueden atacar la barba, el bigote, la piel lampiña y las uñas. Esta tiña capitis aparece a cualquier edad. Las placas pseudoalopécicas son más pequeñas que las de la *T. microspórica*, todas del mismo tamaño, con escasa descamación y algunos pelos de la placa no aparecen quebrados (Allevato, 2005, p. 2-3).

2.1.3.9 Inflamatorias

Tiña capitis inflamatoria o Querion de Celso. Producida por *M. canis* y *T. mentagrophytes*. Afecta a niños en edad preescolar y prepúberes. La placa, habitualmente única, se torna saliente, convexa, de tamaño variable, cubierta de pelos fracturados, con escamas, costras y supuración. Al hacer presión sobre las placas se elimina pus por los orificios foliculares (signo de la espumadera). La reacción inflamatoria puede tener grados variables. Es una lesión dolorosa, suele presentar linfadenopatías cervicales, en general no hay afectación del estado general del paciente ni fiebre. El querion de Celso es una reacción de hipersensibilidad al hongo. Tiende a curar espontáneamente en unos meses, dejando una alopecia cicatricial más o menos evidente (Allevato, 2005, p. 3).

2.1.3.10 Tiña fávica

Es una infección crónica, poco frecuente, producida por *T. schoenleinii*. No se observa en nuestro medio, sí en Europa. Se inicia en la infancia y puede persistir hasta la edad adulta. Además del cuero cabelludo, las lesiones pueden tomar la barba, el bigote, la piel lampiña y las uñas. Comienza con descamación difusa y luego evoluciona a la formación de pústulas y costras, con densas masas amarillentas miceliales (escudete o cazoleta fávica). Estas lesiones tienen un olor característico a ratón y cubren la piel enrojecida y húmeda. Produce lesiones necróticas cicatriciales que dejan alopecia definitiva que puede deberse

a un fenómeno de compresión por el escudete o a la aparición de un granuloma dérmico reaccional (Allevato, 2005, p. 3).

2.1.3.11 Tinea corporis

Mediante queratinasas hidrolizan la queratina y así colonizan los tejidos queratinizados: piel, pelo y uñas. No viven en las mucosas. Generan en el huésped una respuesta inmunitaria de tipo celular y el proceso inflamatorio dermoepidérmico tiene características semejantes al eccema. Según su parasitismo se clasifican en antropófilos, zoófilos y geófilos de acuerdo con su adaptación al hombre, los animales o el suelo, respectivamente. Puede afectarse cualquier región de piel lampiña; es más común en cara, tronco y miembros. Inicialmente hay pápulas que coalescen formando placas eritematoescamosas con crecimiento centrífugo y un centro que tiende a aclarar. Esto determina una configuración anular y a veces circinada por confluencia de las lesiones. El borde puede presentar vesículas, pápulas o pústulas y siempre está bien definido. La localización en general es unilateral, con patrón asimétrico (Gioseff et al., 2009, p. 260).

Tiña cruris o tiña unguinal o eczema marginado de hebra.

Es la parasitación de ingles, periné y región perianeal, llega a invadir zona proximal interna de muslos. La infección suele ser epidémica y se transmite por toallas, prendas interiores, ropa de cama, predisponiendo los climas húmedos, maceración, diabetes y obesidad, etc. Se presenta como placas bilaterales, de borde eritematovesiculoso, tipo eczema y centro castaño-eritematoso, con escamas furfuráceas, poco infiltrado y liquenificado (Gioseff et al., 2009, p. 3).

Tiña de la barba. "Foliculitis tricofítica en barba y bigote, exclusiva de varones, más frecuente en zonas rurales. Tiña inflamatoria con lesiones pustulosas en labio superior" (Gioseff et al., 2009, p. 4).

Tiña pedís o tiña de los pies.

Se le conoce como pie de atleta; se localiza en pliegues interdigitales y plantas de pié, que es mas fácil de adquirir por adultos jóvenes deportistas, principalmente en verano, que utilizan calzado oclusivo y a menudo andan descalzos por vestuarios públicos. Es infrecuente en la infancia y la vejez (Gioseff et al., 2009, p. 5).

Tiña manuum o tiña de las manos.

Es el equivalente del cuadro anterior, pero localizado en pliegues, palmas o dorso de manos. En general, es unilateral y no es raro que el contagio se haya producido al rescatarse las lesiones de una tiña del pie contralateral (Gioseff et al., 2009, p. 6).

Tiña faciei o tiña de la cara. Puede afectar a cualquier grupo de edad, pero se observa más frecuentemente en niños y adultos jóvenes, con un leve predominio de mujeres. La infección a partir de mascotas infectadas es habitual, pero la autoinoculación a partir de otro foco: tinea capitis, tinea corporis también es posible. El cuadro clínico de la tiña de la cara se caracteriza por una o varias placas eritematosas, anulares o serpinginosas, discretamente escamosas de borde definido papular o vesicopustuloso (Vargas, 2013, p. 45).

Tiña incógnito.

Es un término creado para definir el cuadro clínico resultante del tratamiento inadecuado de una tiña, en general, de la piel glabra. Da lugar a lesiones cutáneas extensas y persistentes, con menos signos inflamatorios. Aparece con particular frecuencia en la cara (Gioseff et al., 2009, p. 6).

Tiña unguium o tiña de las uñas u onicomicosis. "Se observa fundamentalmente en el adulto y con frecuencia asociada a tiñas de las manos o de los pies. Son infecciones crónicas y de difícil tratamiento" (Gioseff et al., 2009, p. 6).

2.1.4 Género *Trichophyton*

En el año de 1845 el sueco Pehr Henrik Malmsten, creó este género (Forbes et al., 2009) y describió la especie *Trichophyton tonsurans*. Estos hongos (Figura 69) producen

Macroconidias en escaso número con paredes delgadas y lisas, forma de cigarro o salchicha, extremidad distal roma o cilíndrica, sostenidas por cortos y delicados conidióforos, se dividen de 3 a 8 células mediante tabiques, miden de 30 a 60 micras; las microconidias son abundantes sostenidas lateralmente a lo largo de las hifas en tirso o en racimos, son piriformes o esféricas (Vargas, 2013, p. 49).

Según De Tejada (2010), las características macroscópicas de cepas de estos hongos son muy variadas,

Las colonias son algodonosas, con el tiempo toman un aspecto aterciopelado y pulverulento, de color blanquecino a amarillento o rojo violeta. El reverso de la colonia suele tener un color rosado-rojo, pero, en ocasiones, puede ser amarillo-marrón, rojo-vino o violeta e, incluso, pueden carecer de pigmento (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2013, p. 1).

El género *Trichophyton* tiene varias especies que se pueden agrupar de acuerdo a lo relacionado en la Tabla 6.

Tabla 6.
Especies del género *Trichophyton*.

| Característica | Dermatofito |
|-----------------------|---|
| Especies frecuentes | <i>T. mentagrophytes</i> <i>T. rubrum</i> <i>T. schoenleinii</i> <i>T. verrucosum</i> <i>T. tonsurans</i> <i>T. equinum</i> <i>T. violaceum</i> <i>T. concentricum</i> |
| Especies raras | <i>T. megninii</i> <i>T. gourvelii</i> <i>T. yaoundei</i> <i>T. simii</i> |
| Especies no patógenas | <i>T. terrestre</i> <i>T. georgii</i> |

| Trichophyton | | |
|--|---|---|
| Generalidades | | |
| <p>Género integrado por una gran variedad de especies, la mayoría de ellas patógenas para el hombre, los huéspedes más susceptibles son los niños (Guzmán, 1977). Género de hongos que se caracteriza por la producción de microconidios y macroconidias de paredes lisas. "Las esporas pueden sobrevivir en distintas superficies, en la ropa, en el suelo, en el agua dulce y salada y, durante meses, en escamas de la piel a temperatura ambiente" (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo y Bdatario, 2013, p. 2).</p> | | |
| Frecuencia | | |
| <p>La frecuencia en adultos es alta (Guzmán, 1977). Es uno de los hongos dermatofitos que produce dermatofitosis, una de las infecciones más prevalentes en el mundo. Pueden ser persistentes y molestas, pero no debilitante (Madigan et al., 2003). La especie más frecuente es <i>Trichophyton rubrum</i>, le sigue <i>Trichophyton mentagrophytes</i> (Arenas, 2011).</p> | | |
| Manifestaciones clínicas | | |
| <p>Causan con cierta frecuencia cuadros de tinea en la piel, cuero cabelludo, uñas y pies. La entidad rara vez cura espontáneamente. Las lesiones causadas van desde las formas relativamente simples hasta cuadros severos con formas granulomatosas. En la infección producida en cuero cabelludo solamente unas pocas especies fluorescen bajo la luz ultravioleta. Las invasiones in vivo de las especies de este hongo pueden ser diferentes (Guzmán, 1977).</p> | | |
| Ectotrix | Endotrix | Tipo fávico |
| <p>Las artrosporas (5-10 micras de diámetro) se forman fuera del pelo (Guzmán, 1977).</p> | <p>Las artrosporas (4-7 micras) se forman dentro del pelo y no aparecen fuera de él (Guzmán, 1977).</p> | <p>Hay fragmentos de micelio dentro del pelo y en ocasiones se observan burbujas de aire dentro de él (Guzmán, 1977).</p> |
|  |  |  |

Figura 69. *Trichophyton*.

A. Ectotrix. Vetlab, 2005.

B. Endotrix: Bonifaz, 2012.

C. T. Fávico: Arango y Castañeda, 2003

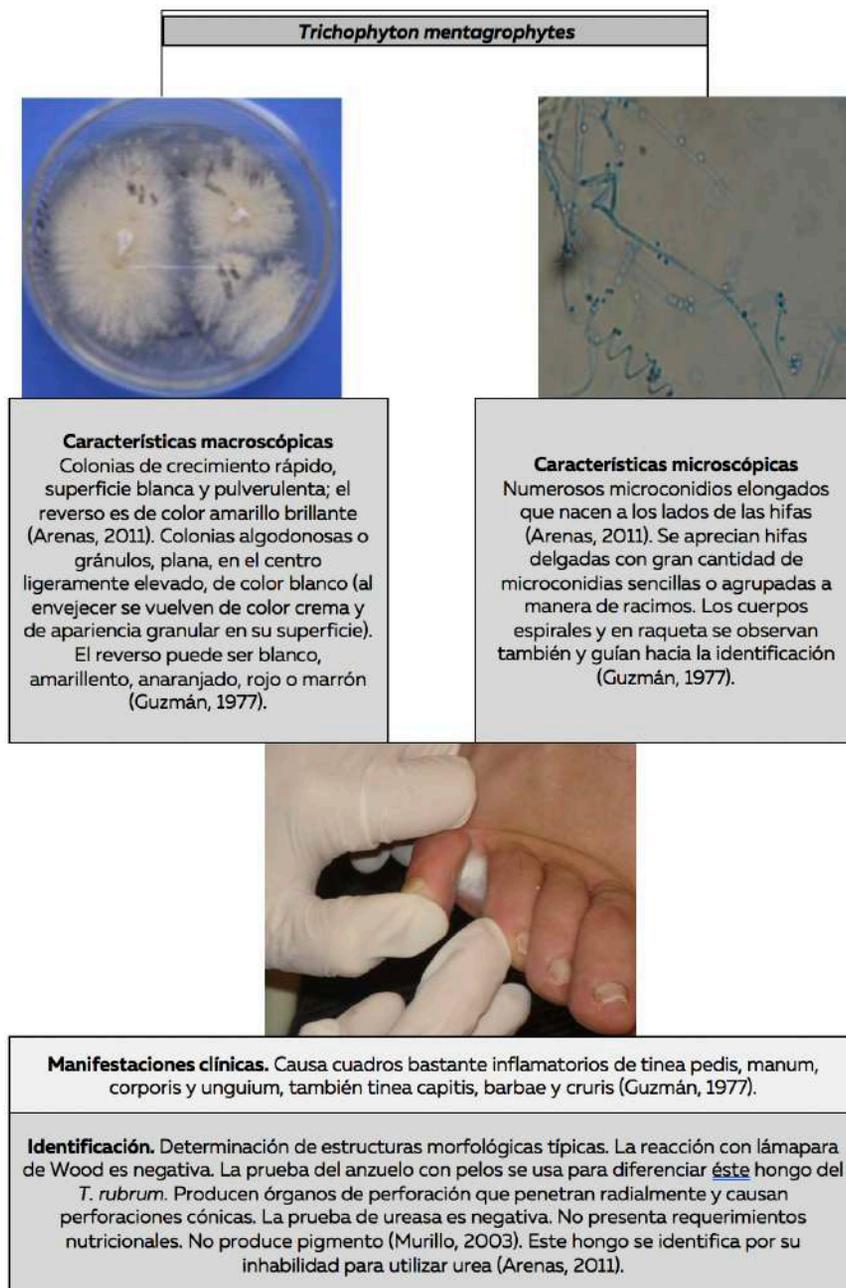


Figura 70. *Trichophyton mentagrophytes*.

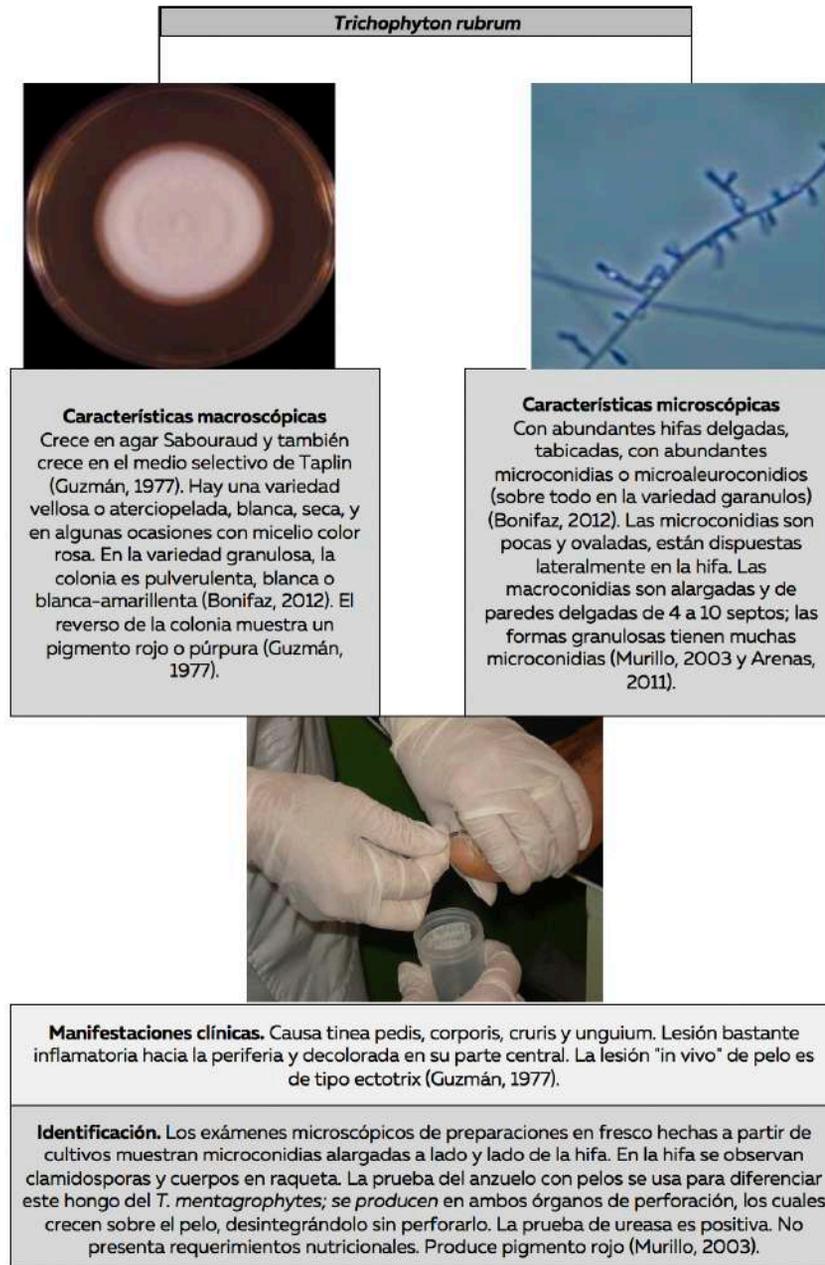
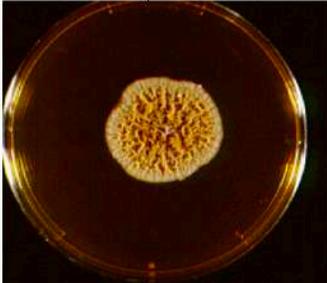


Figura 71. *Trichophyton rubrum*.

Fuente: Característica macroscópica: fungal infections, s.f.

Trichophyton schoenleinii



Características macroscópicas
 "Colonias de crecimiento lento con una superficie glabra de color blanco grisáceo, aspecto cerebriforme y micelio sumergido en los bordes de la colonia" (Arenas, 2014, p. 88).



Características microscópicas
 "La principal característica es la presencia de hifas en "asta" o "cuerno" ("candelabros fávicos"), es decir, extremos ramificados y redondeados o hinchados. No se encuentran formas de reproducción" (Arenas, 2014, p. 88).



Manifestaciones clínicas. Produce tinea fávica, ocasionalmente puede causar tinea unguium y corporis. Ataca el pelo y produce la llamada calota fávica, el pelo degenera y puede incluso contener aire (Guzmán, 1977). "Tiene actividad enzimática limitada y el pelo conserva su resistencia mecánica y solo presenta modificaciones de color y brillantez" (Arenas, 2014, p. 74).

Identificación. En el material infectado tratado con KOH se observa la alteración del pelo el cual contiene fragmentos de hifa y en ocasiones pequeñas burbujas de aire. Para su crecimiento se requiere Tiamina.

Figura 72. *Trichophyton schoenleinii*.
 Fuente: Características macroscópicas: De Tejada, 2010
 Características microscópicas: Tangarife, 2014
 Manifestaciones clínicas: Microbe Canvas, s.f.

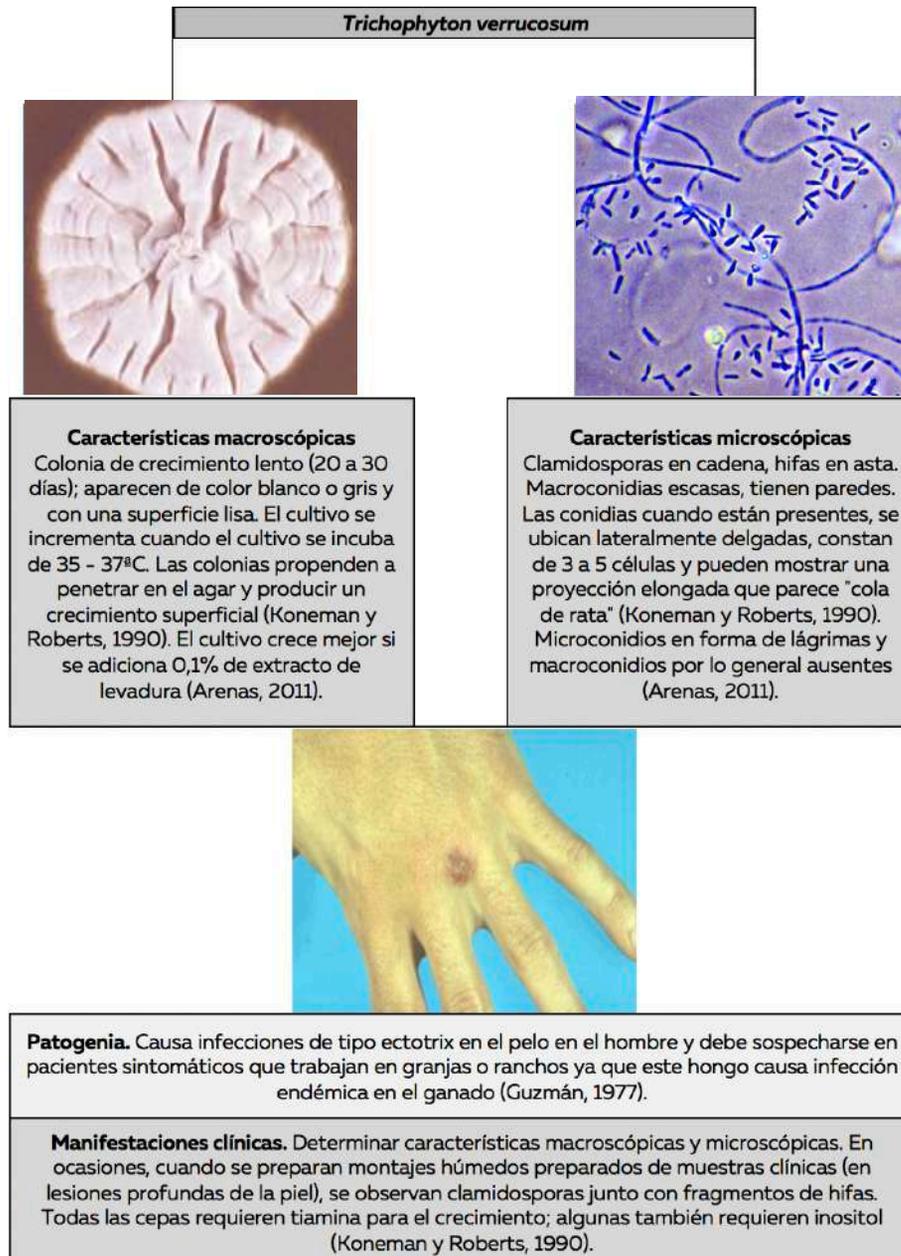


Figura 73. *Trichophyton verrucosum*.

Fuente: Características macroscópicas y características microscópicas: The University of Adelaide, 2016

Patogenia: Gómez, 2012

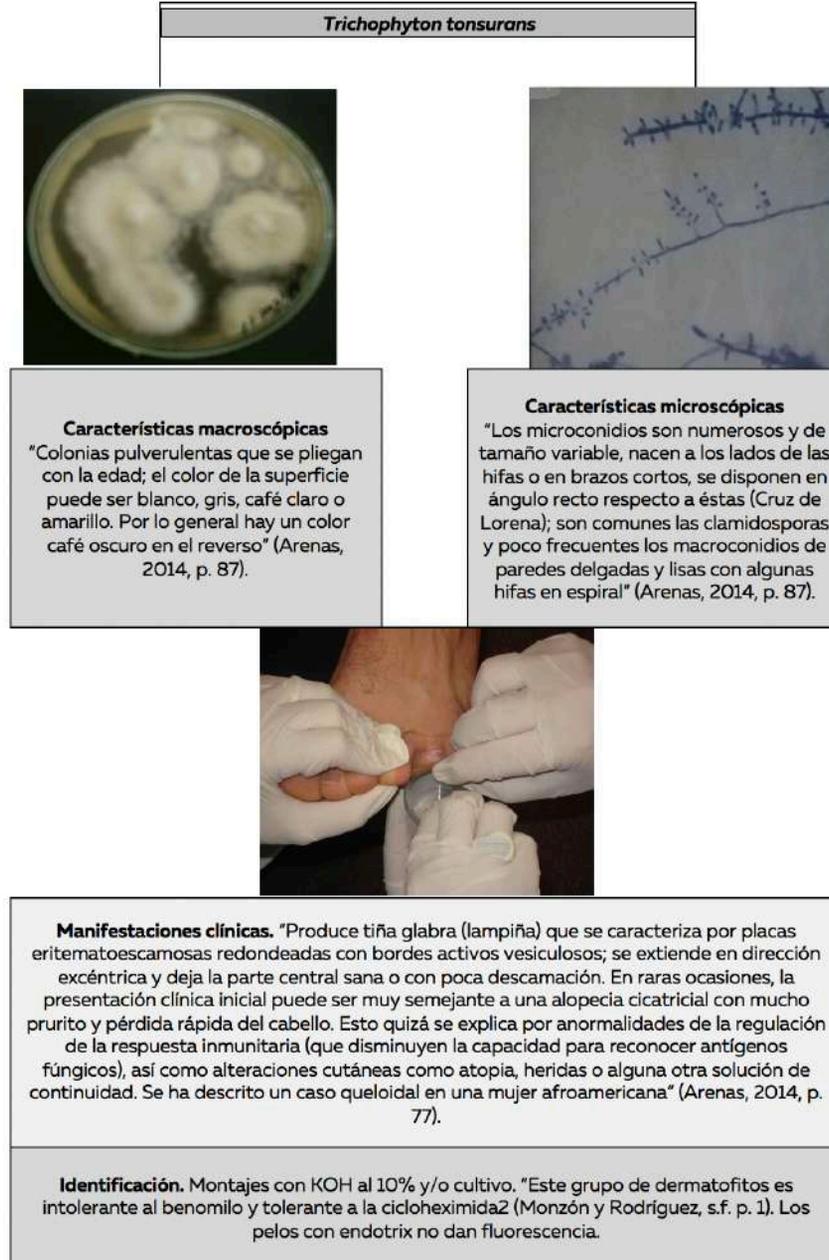


Figura 74. *Trichophyton tonsurans*.

Fuente: Características microscópicas: Casanova, s.f., citado por Bonifaz, 2012

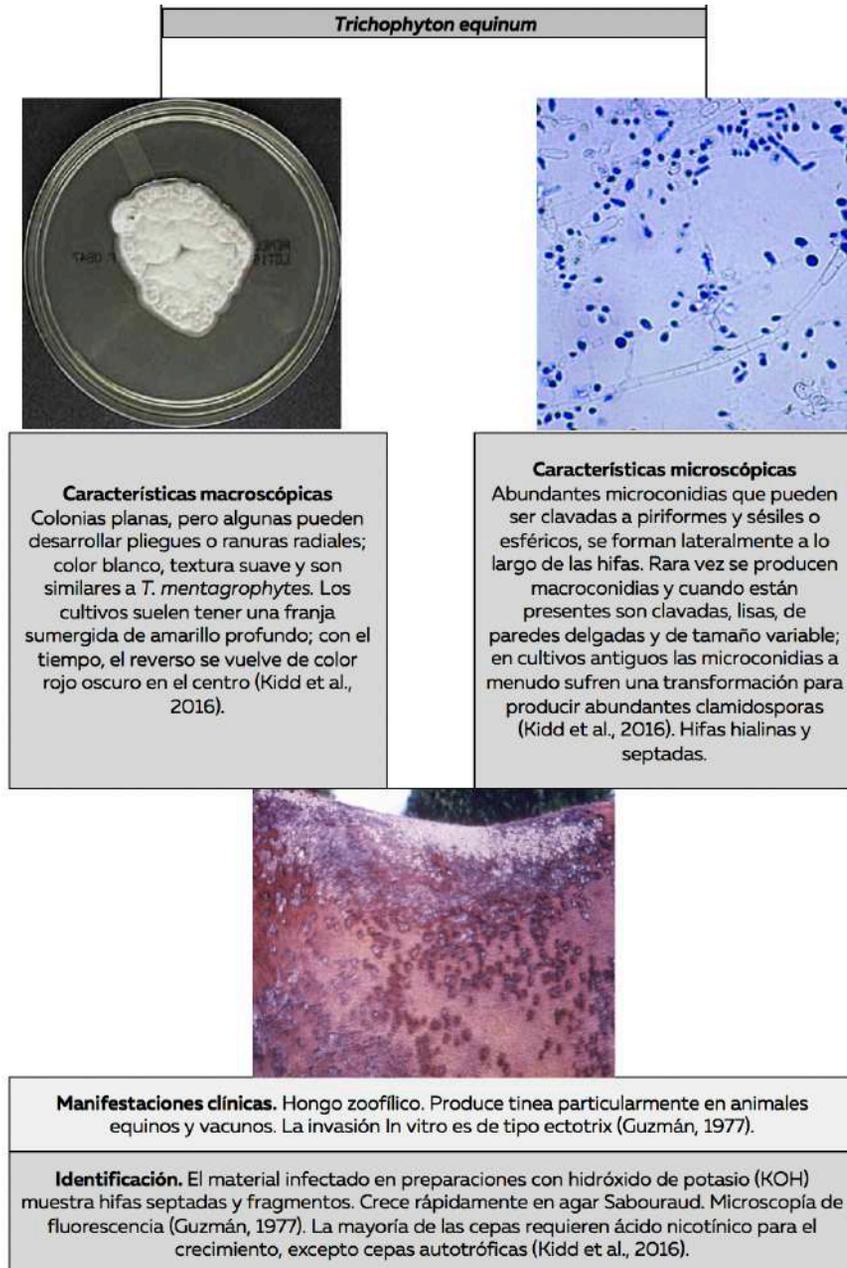


Figura 75. *Trichophyton equinum*.

Fuente: Características macroscópicas: McDonald, 2001

Características microscópicas y Manifestaciones clínicas: Universidad de Adelaida, 2016

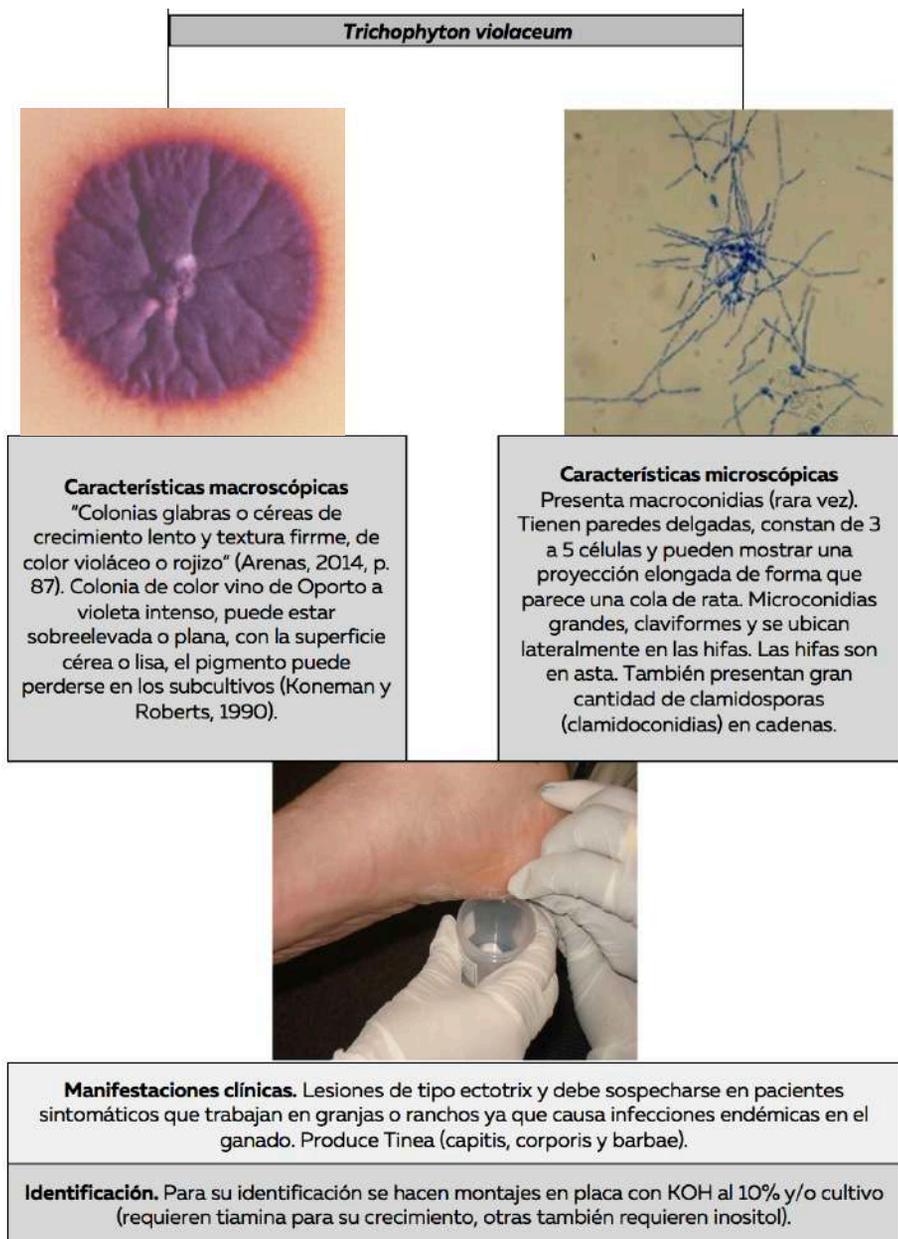


Figura 76. *Trichophyton violaceum*.

Fuente: Características macroscópicas: The University of Adelaide, 2016
Características microscópicas: Sociedad Castellano-Leonesa de Micología, 2016

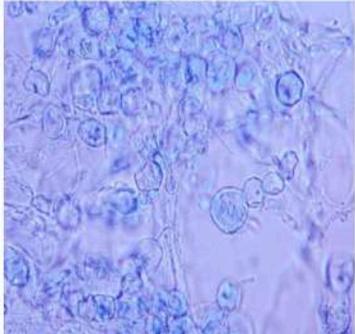
| <i>Trichophyton concentricum</i> | |
|--|--|
|  |  |
| <p>Características macroscópicas “Colonias de crecimiento lento y aspecto céreo, de color blanco cremoso o ligeramente rosado, gris o café claro, de superficie blanda, cerebriformes” (Arenas, 2014, p. 88).</p> | <p>Características microscópicas Abundante micelio macrosifonado, tabicado, hialino, con abundantes clamidoconidios en forma de balón, intercalares y terminales (Bonifaz, 2012). Se observa abundante micelio con clamidoconidios terminales de gran tamaño en forma de balones.</p> |
|  | |
| <p>Manifestaciones clínicas. Produce Tinea corporis denominada Tinea imbricata. No produce tinea capitis.</p> | |
| <p>Identificación. Se toman escamas y se tratan con KOH al 10% y muestran al examen directo las hifas. Crece bien en agar Sabouraud; sin embargo, hay un alto contenido de cepas que requieren Tiamina.</p> | |

Figura 77. *Trichophyton concentricum*.

Fuente: Características macroscópicas y características microscópicas: Rodríguez, 2016
 Manifestaciones clínicas: Universidad de Adelaida, 2016

Especies raras y no patógenas del género Trichophyton. En la Tabla 7 se determinan las características morfológicas (características macroscópicas y características microscópicas) y patologías que producen algunos hongos dermatofitos, de las especies raras de *Trichophyton* y algunas no patógenas.

Tabla 7.

Especies de *Trichophyton* poco frecuentes y algunas no patógenas.

| Hongo dermatofito | Características macroscópicas | Características microscópicas | Patología |
|----------------------|---|--|--|
| <i>T. megninii</i> | Hongo de crecimiento lento, forma colonia algodonosa. El color en el anverso se torna de rosado oscuro y en reverso de rojo intenso. | Con poca frecuencia presenta macroconidias de 6 a 10 septos, de paredes muy delgadas. Las microconidias son simples, unicelulares y se ubican a los lados de las hifas o presentar racimos. | Tinea barbae y muy rara vez de otro tipo. |
| <i>T. soudanense</i> | "Colonias glabras de crecimiento lento, con textura suave y flecos radiados o en forma de estrella; el color es anaranjado, pero algunas cepas producen un color rojo con el tiempo" (Arenas, 2014, p. 88). | Puede haber filamentos tortuosos, pero su principal característica es la presencia de hifas ramificadas y reflexivas o hifas en pequeños fragmentos; tal vez se observen microconidios piriformes o en clava. (Arenas, 2014, p. 88). | Tinea capitis y corporis. |
| <i>T. yaoundei</i> | Hongo de crecimiento muy lento. Su colonia es levantada y plegada. Inicialmente el color de la colonia es crema pero con el tiempo se torna carmelita. | Presenta gran cantidad de clamidosporas. | Tinea capitis. |
| <i>T. simii</i> | Colonia con el centro levantado y umbilicado. Aspecto aterciopelado y con el tiempo produce un pigmento color tinto que se difunde en el medio. | Se observan hifas ramificadas, con macroconidias de pared lisa, fusiforme con ocho septos. En ocasiones se observan conidias piriformes. | Infección es ocasional por contacto con monos. |

| | | | |
|----------------------------|--|---|---|
| <i>T. georgii</i> | Colonia plana, umbilicada con color grisoso en el centro y granular en la periferia; crece muy bien en agar Sabouraud. | Presenta gran cantidad de microconidias de diferentes tamaños y formas, pero la más común es la piriforme. Tiene un estado de reproducción perfecta siendo clasificado como un ascomiceto: <i>Arthroderma ciferii</i> . | Poco frecuente como patógeno en la población en general y frecuente en pacientes con SIDA. Es un agente causante de la infección de tinea subungueal (también la puede producir <i>T. rubrum</i>). |
| <i>T. gourvelii</i> | Colonia plana, con el tiempo se va tornando aterciopelada y se observa una pigmentación rojiza. | Hifas segmentadas con algunas microconidias. Algunas cepas producen microconidia. | |
| <i>T. terrestre</i> | Crece más o menos rápidamente, dando una colonia granular plana similar a <i>T. mentagrophytes</i> . Reverso de la colonia rojizo. | Presenta numerosas microconidias de base plana, pueden observarse también cuerpos en espiral y macroconidias con numerosos septos. | |

2.1.5 Género *microsporum*

El húngaro David Gruby, en el año de 1843, creó el género *Microsporum* (Figura 78), llamado *Microsporum audouinii*, que produce tiñas en niños (Figuroa et al., 1984); afecta solo el pelo y la piel (Forbes et al., 2009).

Este género posee unas 20 especies distintas, de las que unas 10 son patógenas para el hombre. Microscópicamente presenta abundantes macroconidias que se observan de forma aislada y en racimo, y su pared puede ser fina, intermedia o gruesa y tener la superficie lisa, rugosa, espiculada, etc. Suele tener extremos puntiagudos, fusiformes o redondeados y puede presentar de 1 a 15 septos. Las microconidias son sésiles o pedunculadas y normalmente están dispuestas a lo largo de las hifas o en racimos. Macroscópicamente presenta diferencias entre las especies, pudiendo ser algodonosas, terrosas, pulverulentas y producir pigmentos amarillo-naranja (Molina, 2011).

Las macroconidias de los hongos de este género son de mayor tamaño que las de *Trichophyton* y *Epidermophyton*; puntiagudas en ambos extremos y con pared celular gruesa, equinulada y septos transversales. Las microconidias son piriformes, pero pueden faltar. Micelio en raqueta, las hifas pectíneas, los órganos nodulares y las clamidosporas. Las colonias son algodonosas o pulverulentas, de color blanco o parduzco (Caballería et al., s.f.).

El género *Microsporum* está integrado por algunas especies, pueden afectar el cabello y la piel; el hongo produce un metabolito el cual bajo la luz ultravioleta da fluorescencia. Las especies de este género se pueden agrupar de acuerdo con lo relacionado en la Tabla 8.

Tabla 8.
Especies de *Microsporum*

| Característica | Dermatofito |
|------------------------------|---|
| Especies frecuentes | <i>M. canis</i> <i>M. gypseum</i> (poca virulencia) |
| Especies raras | <i>M. audouinii</i> <i>M. fulvum</i> <i>M. ferrugineum</i> <i>M. nahum</i> <i>M. vanbreuseghemii</i> <i>M. distortum</i> |
| Especies no patógenas | <i>M. cookei</i> |

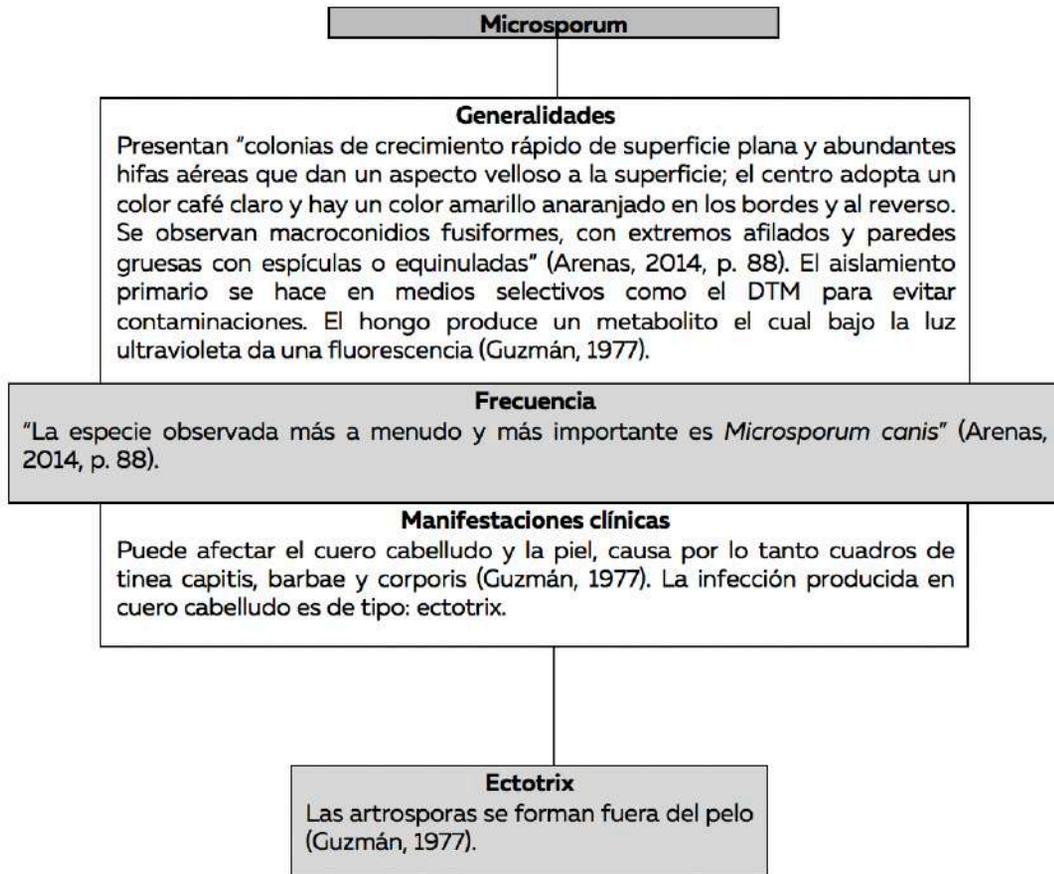


Figura 78. Microsporum.



Figura 79. *Microsporium canis*.

Fuente: Características microscópicas: Doctor Fungus Corporation, 2000
Manifestaciones clínicas: Universidad de Adelaida, 2016

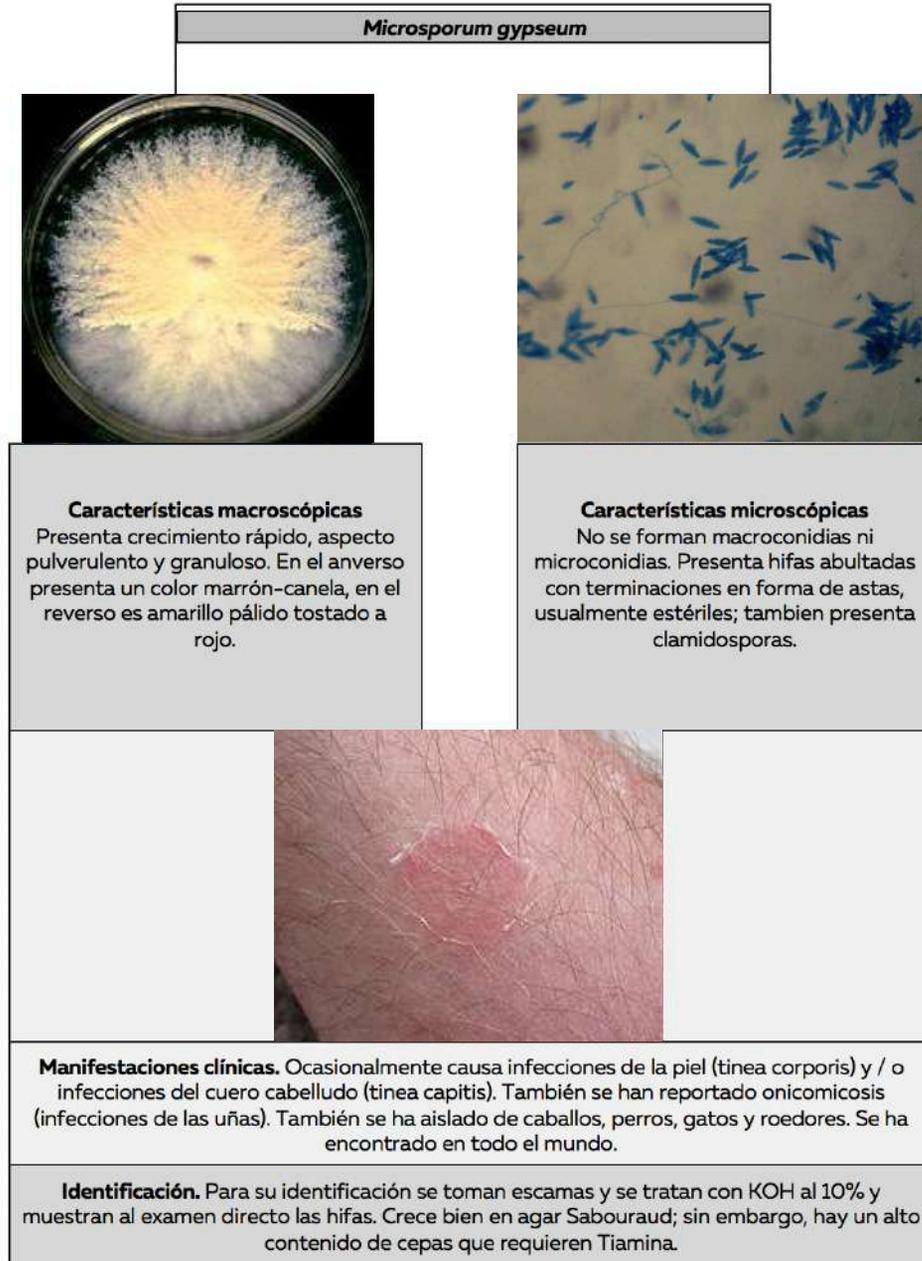


Figura 80. *Microsporum gypseum*.

Fuente: EOL (s.f)

Microsporium audouinii



Características macroscópicas
Crecimiento lento; aspecto aterciopelado; el color en el anverso es blanco-suave a rosado salmón y en el reverso es tostado a rosado salmón.



Características microscópicas
Rara vez producen macroconidias (grotescas cuando están presentes) muy grandes, de pared gruesa, alargadas con 6 a 8 septos, superficie rugosa o lisa, tienen un estrechamiento en el centro. También produce diversas formas vegetativas atípicas (clamidosporas terminales, candelabros fávicos, hifas en raqueta).



Manifestaciones clínicas. Produce Tinea en el cuero cabelludo (los niños son los más afectados). La incidencia mayor ocurre en varones. Raramente afecta a los adultos.

Identificación. "Es un dermatofito altamente pleomórfico y para evitar este fenómeno se debe sembrar en medios de papa-zanahoria + 1% de pepona" (Bonifaz, 2012, p. 151). "Se aísla de tiñas del cuerpo, de la cabeza y barba. Parasitación del pelo: ecto-endótrix (ectótrix). Fluorescencia a la luz de Wood: positiva, amarillo-verdosa" (Bonifaz, 2012, p. 150). En medio de arroz "M. Audouinii crece de forma escasa sobre los granos produciendo un pigmento marrónáceo" (Cabañes, 2001, p. 9).

Figura 81. *Microsporium audouinii*.

Fuente: Características macroscópicas y características microscópicas: Rodríguez, 2016
Manifestaciones clínicas: Plastic Surgery Key, s.f.

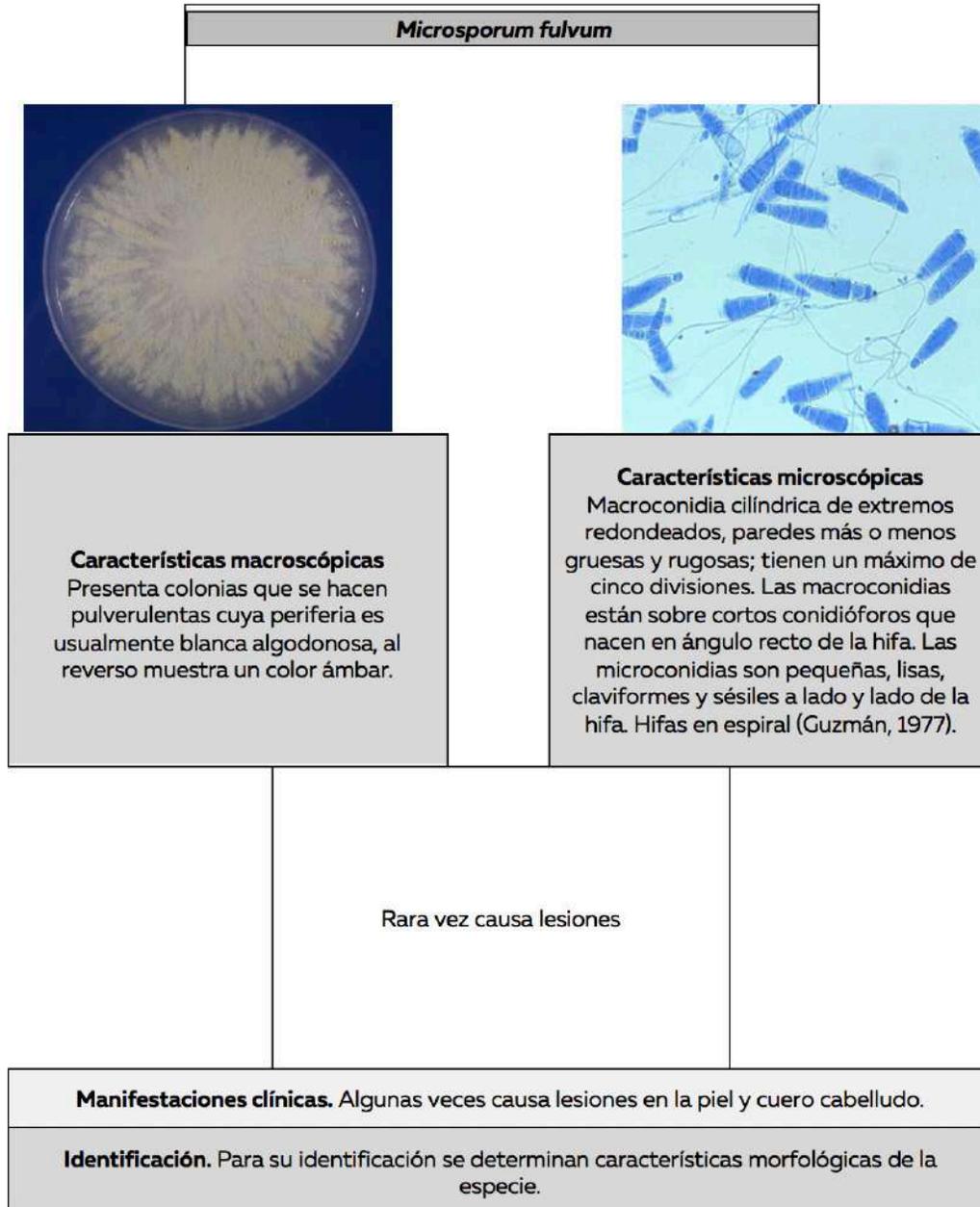


Figura 82. *Microsporium fulvum*.

Fuente: Características macroscópicas: Sociedad Castellano-Leonesa de Micología, 2017
Características microscópicas: Nishimura, 1999.

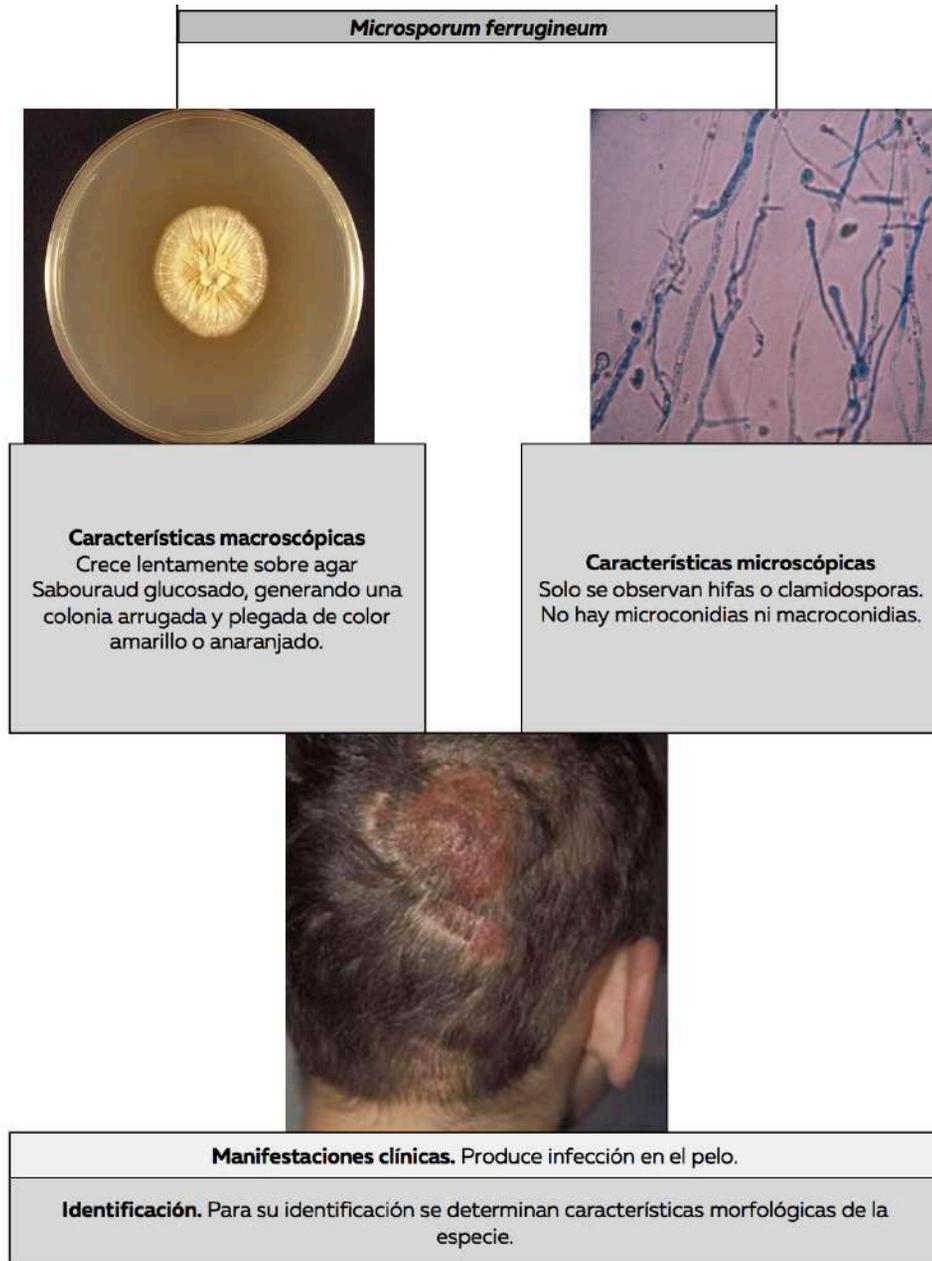


Figura 83. *Microsporium ferrugineum*.

Fuente: Características macroscópicas: Centers for Disease Control and Prevention (CDC), 2016

Características microscópicas: IJDVL, s.f.

Manifestaciones clínicas: Lam Institute for Hair Restoration,



s.f.

Figura 84. *Microsporium nanum*.
 Fuente: Durán, 2014.

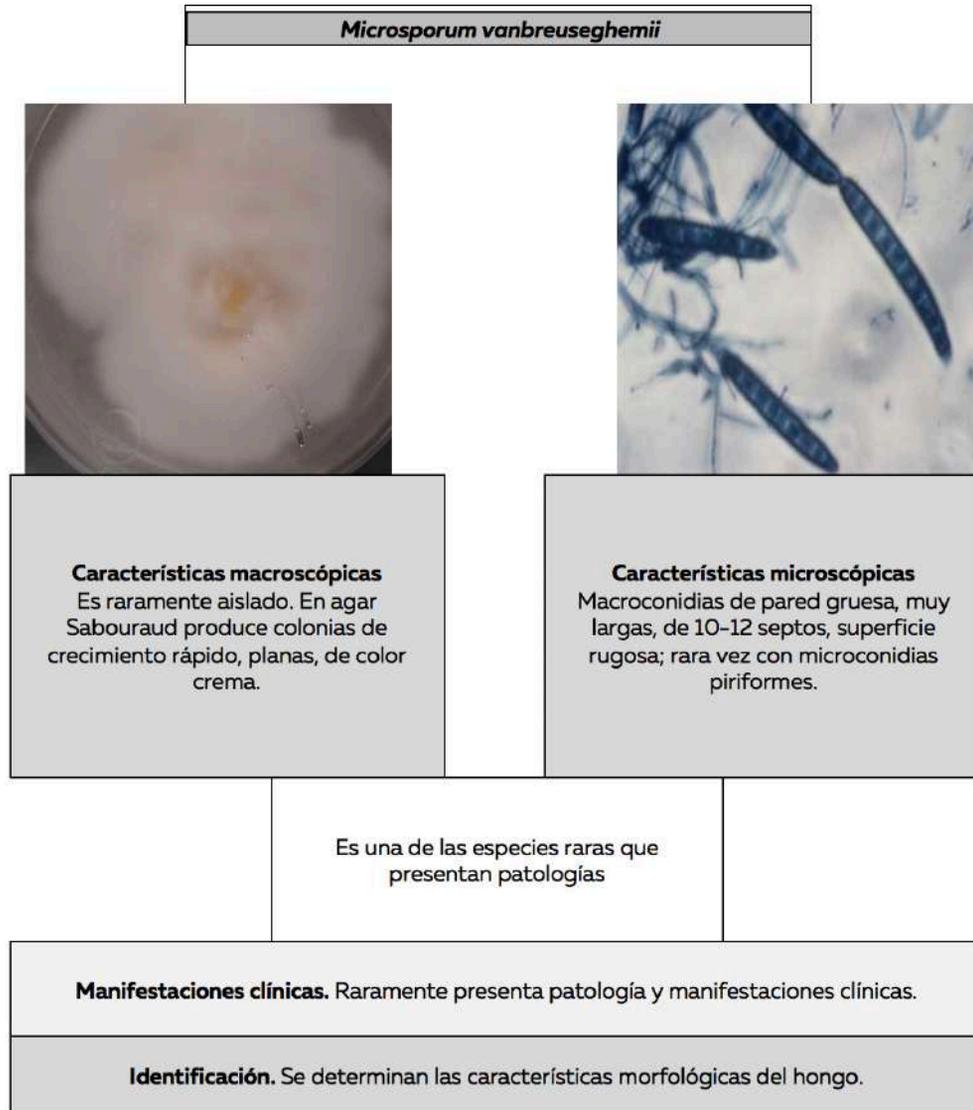


Figura 85. *Microsporium vanbreuseghemii*.
Fuente: Flick (s.f)



Figura 86. *Microsporium distortum*
Fuente: Características macroscópicas: Hygino et al., s.f.
Características microscópicas: Vidal, 2013.
Manifestaciones clínicas: Clinical Advisor, 2011

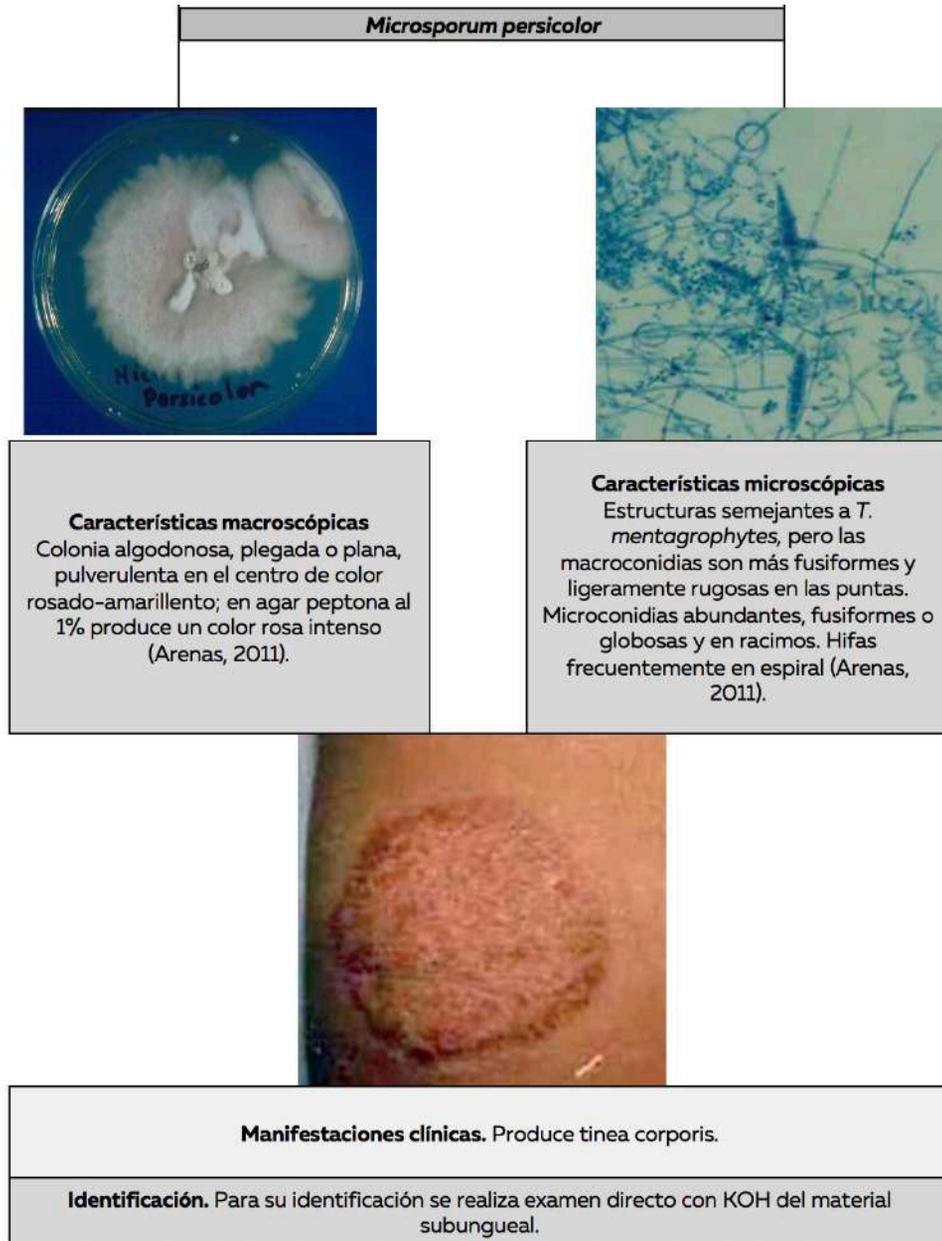


Figura 87. *Microsporium persicolor*.

Fuente: Características macroscópicas: Sociedad Castellano-Leonesa de Microbiología, 2017
 Características microscópicas y manifestaciones clínicas: Naseri et al., 2012



Figura 88. *Microsporium praexco*.

Fuente: Características macroscópicas y características microscópicas: Sociedad Castellano-Leonesa de Micología, 2017.

Manifestaciones clínicas: Piontelli, 2007

Microsporium racemosum



Características macroscópicas
Colonias aterciopeladas de color crema que se expanden rápidamente y cambian ampulverulentas, son radiadas en los bordes; el reverso es vino tinto (García et al., 1999).



Características microscópicas
Hifas septadas, hialinas; macroconidias en tallo, presenta hasta 9 septos, verrucosas y de paredes gruesas; microconidias ovoides y en racimos (García et al., 1999).



Manifestaciones clínicas. Onicomicosis. La enfermedad apareció después de una lesión causada por un hueso de pescado fresco. Los síntomas aparecieron una semana después como un exudado amarillo purulento y un ligero eritema perilesional cuando el pulgar se volvió doloroso.

Identificación. Para su identificación se realiza examen directo con KOH del material subungueal.

Figura 89. *Microsporium racemosum*.

Fuente: Características macroscópicas y características microscópicas: Sociedad Castellano-Leonesa de Microbiología, 2016
Manifestaciones clínicas: García et al., 1999

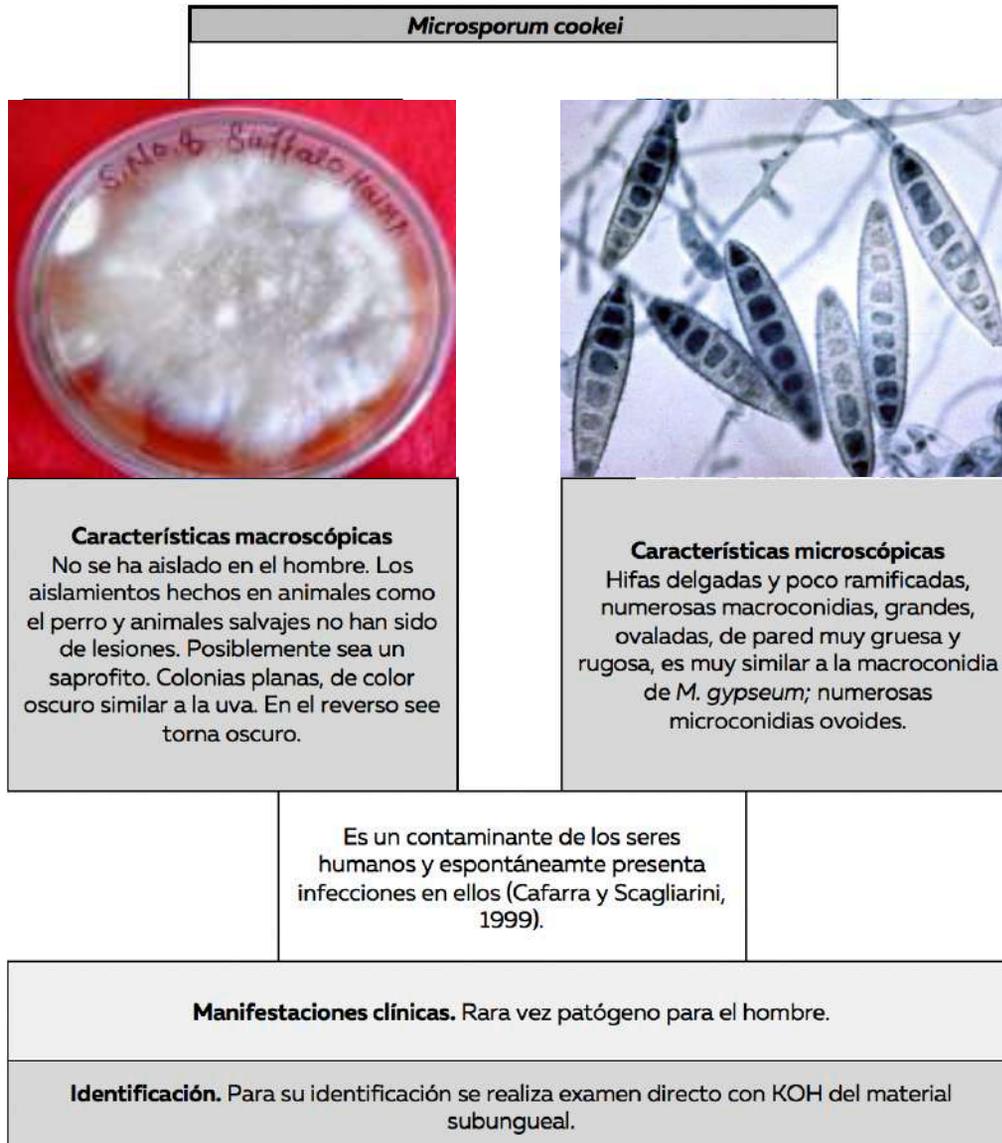


Figura 90. *Microsporium cookei*.

Fuente: Características macroscópicas: Sharma y Choudhary, 2015
Características microscópicas: Doctor Fungus, 2000

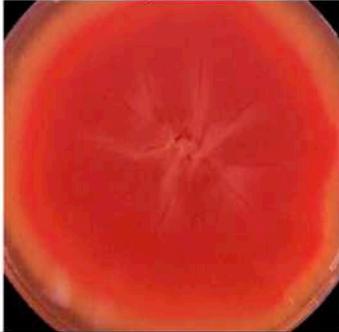
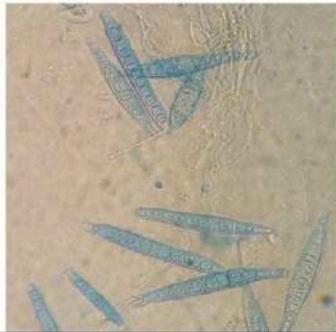
| <i>Microsporium gallinae</i> | |
|--|--|
|  |  |
| <p>Características macroscópicas Hongo de crecimiento lento, forma colonias planas con pliegues radiados hacia la periferia; produce un pigmento de color cereza que se difunde en el medio; textura aterciopelada a algodonosa.</p> | <p>Características microscópicas Presencia de hifas septadas, microconidias (ovoides a piriformes en forma, unicelulares, y pueden ser raros o numerosos) y macroconidias (forma de disco, generalmente curvados o estrechos en la punta, con una pared celular lisa o equinulada que contiene de 2 a 10 células, y pueden ser raras o numerosas).</p> |
|  | |
| <p>Manifestaciones clínicas. Produce infección dérmica en aves, particularmente pollos y pavos, produce lesiones de "peine blanco". Una causa rara de tinea en seres humanos. Los pelos invadidos muestran una escasa infección por <i>ectothrix</i> pero no fluorescen bajo la luz ultravioleta de Wood.</p> | |
| <p>Identificación. Para su identificación se determinan estructuras típicas del hongo.</p> | |

Figura 91. *Microsporium gallinae*.

Fuente: Características macroscópicas y manifestaciones clínicas: Universidad de Adelaida, 2016.

Características microscópicas: Moreno et al., 2009

2.1.6 Género *Epidermophyton*

Raymond Jacques Adrien Sabouraud, discípulo de Pasteur, retomó la carrera micológica; sus primeros trabajos comenzaron en 1890 y culminaron 20 años después; en el año de 1910 creó el género *Epidermophyton*. Presenta solo macroconidios en forma de bastos o clava, de paredes gruesas y lisas, con tres o cuatro septos transversales; los macroconidios pueden nacer de manera independiente, o bien, varios de un mismo punto, como racimos. No tienen microconidios (Bonifaz, 2012) y solo produce infección en las uñas y en la piel.

En 1974 Prochacki y Engelhardt-Zasada publicaron una nueva especie que denominaron *Epidermophyton stockdaleae*; sin embargo, a la fecha no hay reportes de nuevos aislamientos, por lo que la mayoría de autores siguen considerando al género *Epidermophyton* con una sola especie, *Epidermophyton floccosum* (Bonifaz, 2012).

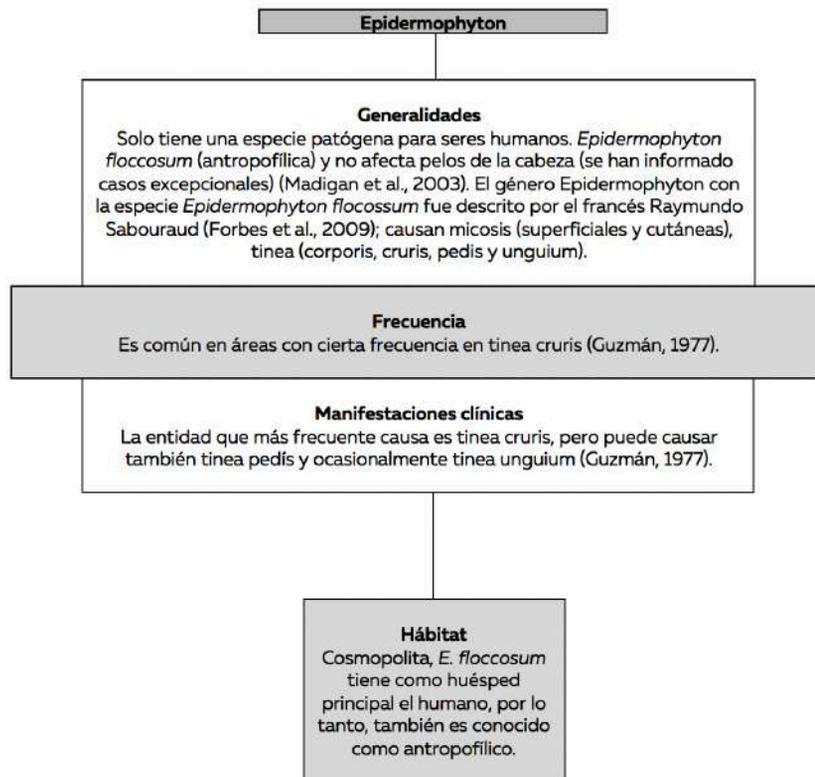


Figura 92. *Epidermophyton*.

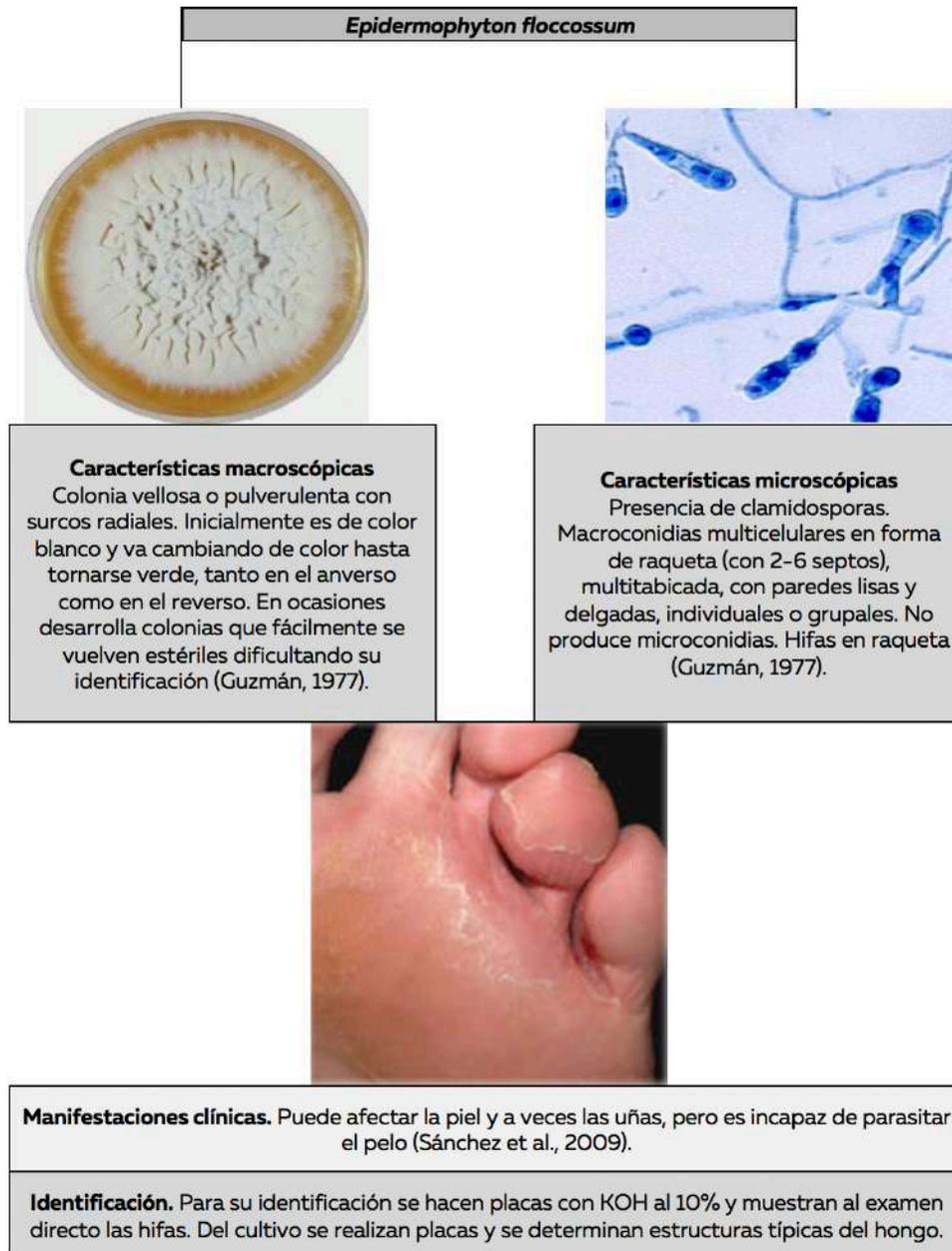


Figura 93. *Epidermophyton floccosum*.

Fuente: Características macroscópicas y características microscópicas: Gefor, 2011
 Manifestaciones clínicas: <http://hnnbiol.blogspot.com/2008/01/dermatomycosis.html>

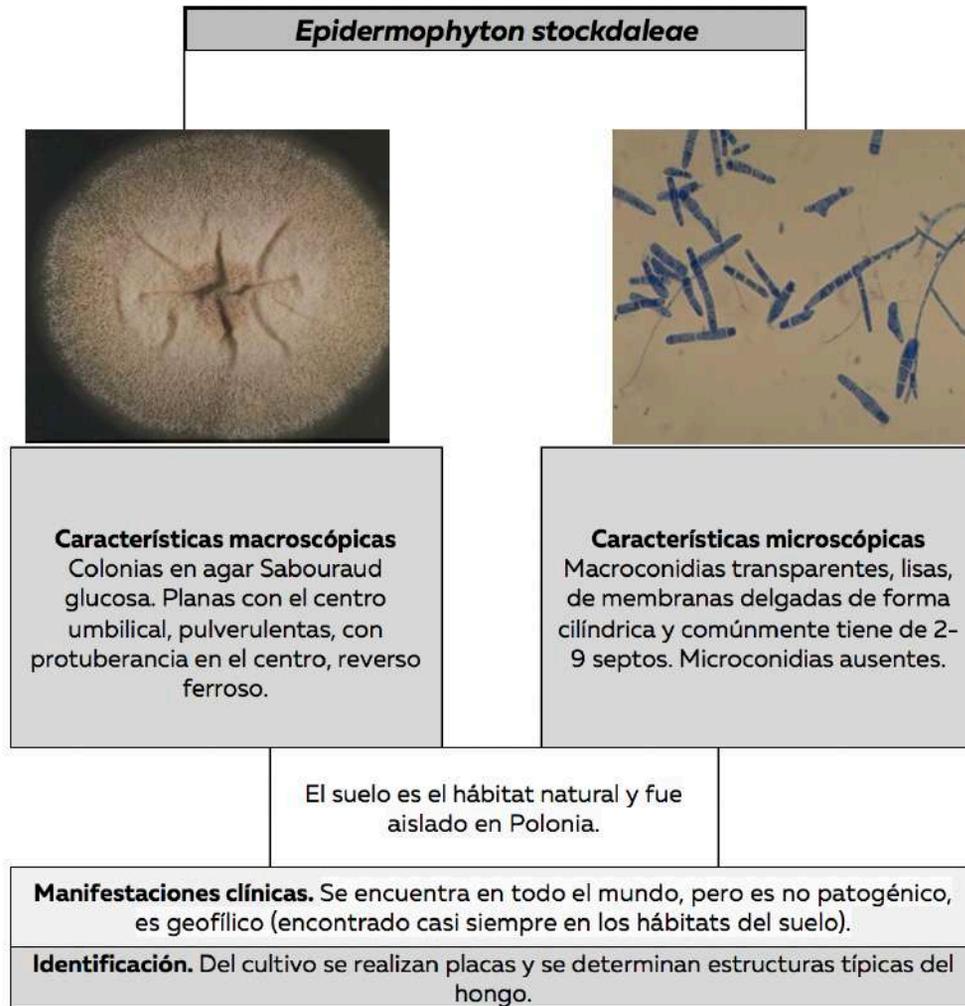


Figura 94. *Epidermophyton stockdaleae*.

Fuente: Sociedad Castellano-Leonesa de Microbiología, 2016.

2.1.7 Género *Keratinomyces*

En el año 1952 Raymond Vanbreuseghem aisló el primer dermatofito geofílico, y creó el género *Keratinomyces* (Figura 82), pero su único miembro *Keratinomyces ajelloi* fue reclasificado dentro del género *Trichophyton* (Echevarría, 2016); algunos autores lo consideran como una especie más del género *Trichophyton*. Fernández (2005) afirma

que este hongo solo produce macroconidios (característica fundamental para ser diferenciado de los géneros *Trichophyton* y *Microsporum*) y al ser de paredes gruesas, se diferencia del género *Epidermophyton*.

La taxonomía del género *Keratinomyces* dentro del grupo de los dermatofitos se basa en características morfológicas que siguen siendo insuficientes para la distinción de estas especies anamórficas. Los tres hongos diferentes incluidos en el género *Keratinomyces* y que fueron examinados por medio de su diversidad de ADN mitocondrial y comparados con otros dermatofitos son:

- *Keratinomyces ajelloi*: los suelos belgas examinados por Vanbreuseghem revelaron la presencia de este hongo queratinófilo que Vanbreuseghem colocó en un nuevo género, *Keratinomyces* y le dio este nombre y se registra por primera vez en Gran Bretaña, habiéndose aislado de dieciséis de diecinueve muestras de suelo recogidas en diferentes localidades.
- *Keratinomyces ceretanicus*: nueva especie con propiedades psicófilas. Los macroconidios son estrechamente fusiformes, usualmente 11-14 células y de paredes delgadas; no produce microconidios. Dos colecciones separadas de este hongo se han realizado a partir de suelos forestales de Cataluña (España).
- *Keratinomyces longifusus*: es un hongo queratinófilo y queratinolítico, pero no patógeno presente en la línea capitis causada por *Microsporum gypseum* y en el suelo. Las colonias en el agar de glucosa de Sabouraud son blancas o amarillentas pálidas con una superficie algodonosa, marrón amarillento en el reverso (Florian y Galgoczy, 1964).

El análisis de los fragmentos de restricción de mtDNA confirmó que las tres especies anteriores son diferentes y bien separadas de los otros dermatofitos (Guillamon et al., 1996), "el hongo de este género solo incluye una especie (*Keratinomyces ajelloi*), la cual es psicrófila (solo crece a temperaturas entre 15-17 °C) y no es patógena" (Fernández, 2005, p. 8).

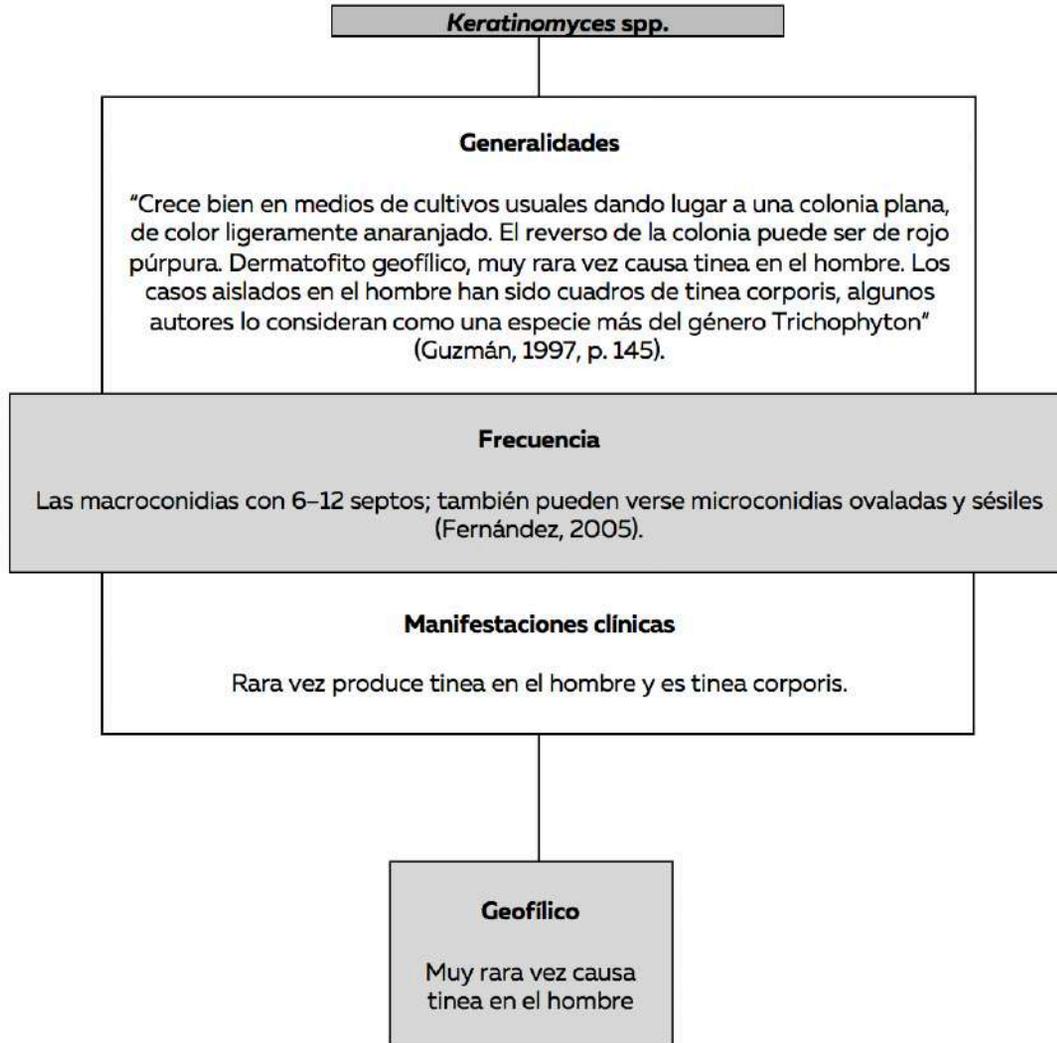


Figura 95. Keratomyces.

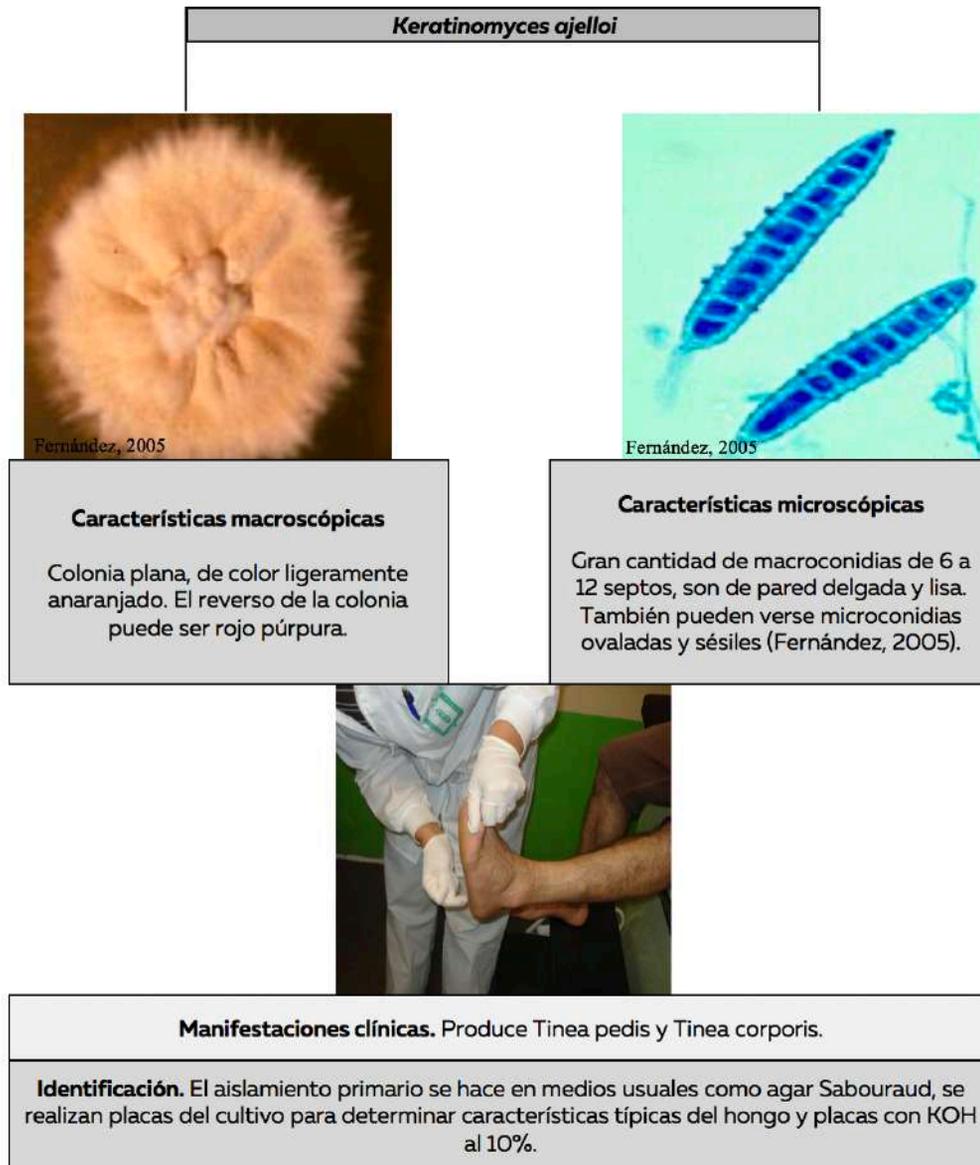


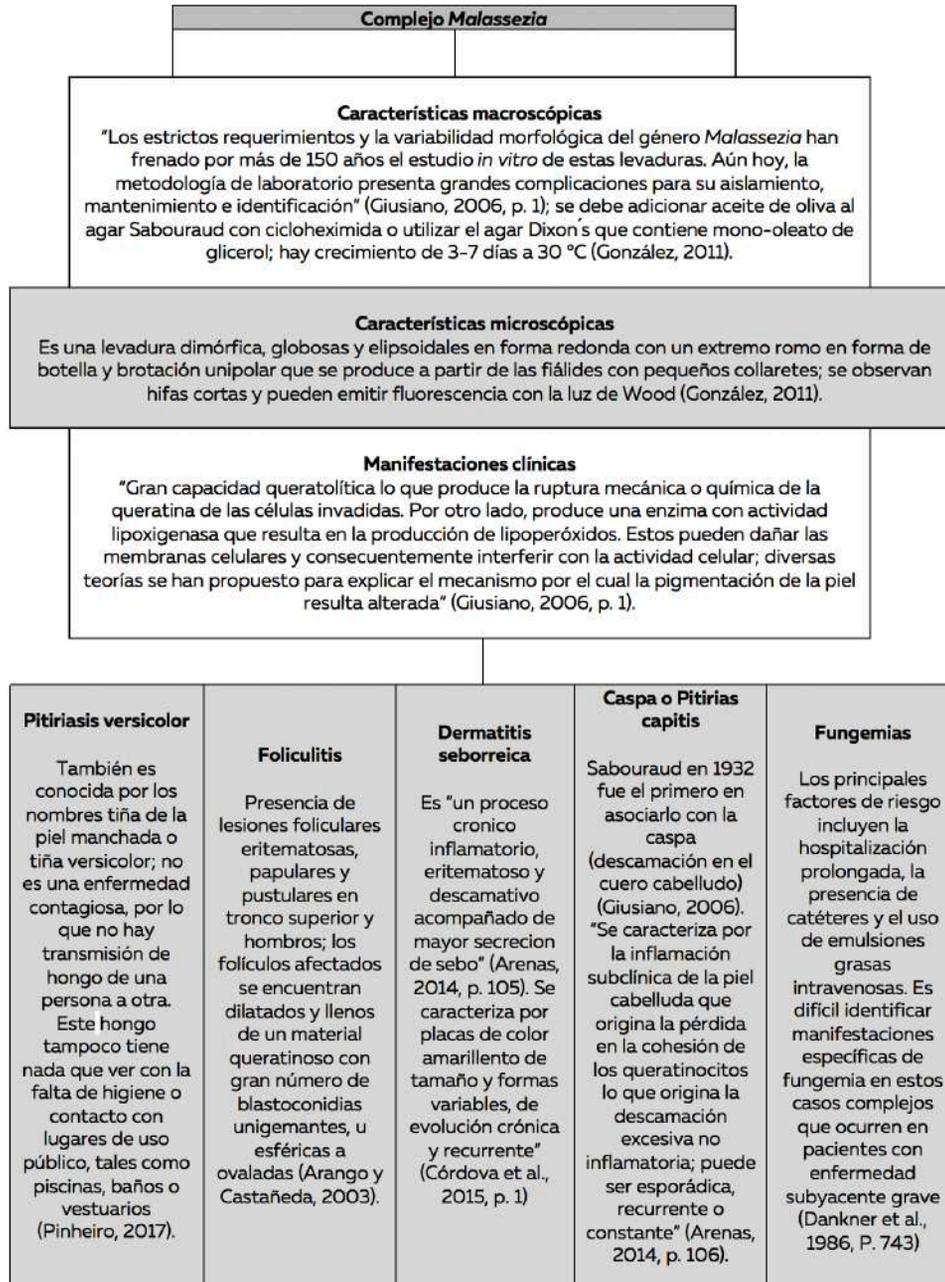
Figura 96. *Keratinomyces ajelloi*.

Fuente: Características macroscópicas y características microscópicas: Fernández, 2005

2.1.8 Hongos que producen micosis superficiales

Las micosis superficiales presentan cuadros clínicos en los cuales el hongo afecta la capa más externa de la piel, la epidermis y las faneras o anexos (cabellos, vellos, uñas); cursan generalmente asintomáticas dada la poca o nula respuesta inmune; pueden afectar: la capa más externa de la piel o epidermis (pitiriasis versicolor, tinea nigra palmari); y la porción suprafolicular del cabello y vellos (piedra blanca y piedra negra) (González, 2011). El origen de las infecciones puede ser exógeno (fómites, contacto directo) o endógeno, son levaduras que hacen parte de la flora normal de la piel, especialmente en las áreas más ricas en ácidos grasos tales como el cuero cabelludo, tórax y espalda. Estas micosis son:

- *Pitiriasis versicolor*. Micosis donde el hongo se transforma de comensal a patógeno bajo condiciones especiales que permiten el crecimiento masivo de las blastoconidias y la producción de hifas que invaden el estrato córneo; también pueden producir brotes de enfermedad sistémica especialmente en lactantes de bajo peso, con alimentación parenteral rica en lípidos (Arango y Castañeda, 2003); "las lesiones típicas son máculas redondeadas, de distintos tamaños, con una coloración variable, hipo o hiperpigmentadas o ligeramente eritematosas, con escama fina, blanquecina y seca, en zonas características del cuerpo: tronco, brazos, cuello y abdomen" (Vives y Valcayo, 2002, p. 111)
- Tiña negra (*tinea nigra*). Causada por el hongo *Hortaea werneckii*, descrita en 1985 por McGinnis y Schell (Cabrera et al., 2013); anteriormente llamado *Phaeoannellomyces werneckii* y *Exophiala wer-neckii* (Cabrera et al., 2013) o *Cladosporium werneckii* (Romero, 2007). Es un hongo halofílico, que tiene la capacidad de sobrevivir a altas concentraciones de sal (NaCl 3-30%), por esta razón los casos encontrados han sido en su mayoría en áreas costeras (Bonifaz et al., 2008, citados por Cabrera et al., 2013).
- Tiña blanca (tinea nodosa). Causada por el hongo *Trichosporum beigeli*, "fue descrita por primera vez por Beigeli en 1865. Sin embargo, la diferenciación entre la piedra negra (*Piedraia hortai*) y piedra blanca (*Trichosporon beigeli*) no fue hecha hasta 1911 por Horta y Brumat; se le dio el nombre de *Trichosporon* en 1913" (Herrera et al., 1995, p. 1). Produce infección en el tallo del pelo donde se visualizan nódulos blancos y se transmite por fómites (Valle, 2014); afecta adultos jóvenes localizándose en el cuero cabelludo, axila, pubis, barba, cejas y pestañas, donde se multiplica y las esporas se van adhiriendo a la superficie del tallo piloso mediante una sustancia que va haciendo las veces de cemento (Romero, 2007).

Figura 97. Complejo *Malassezia*.

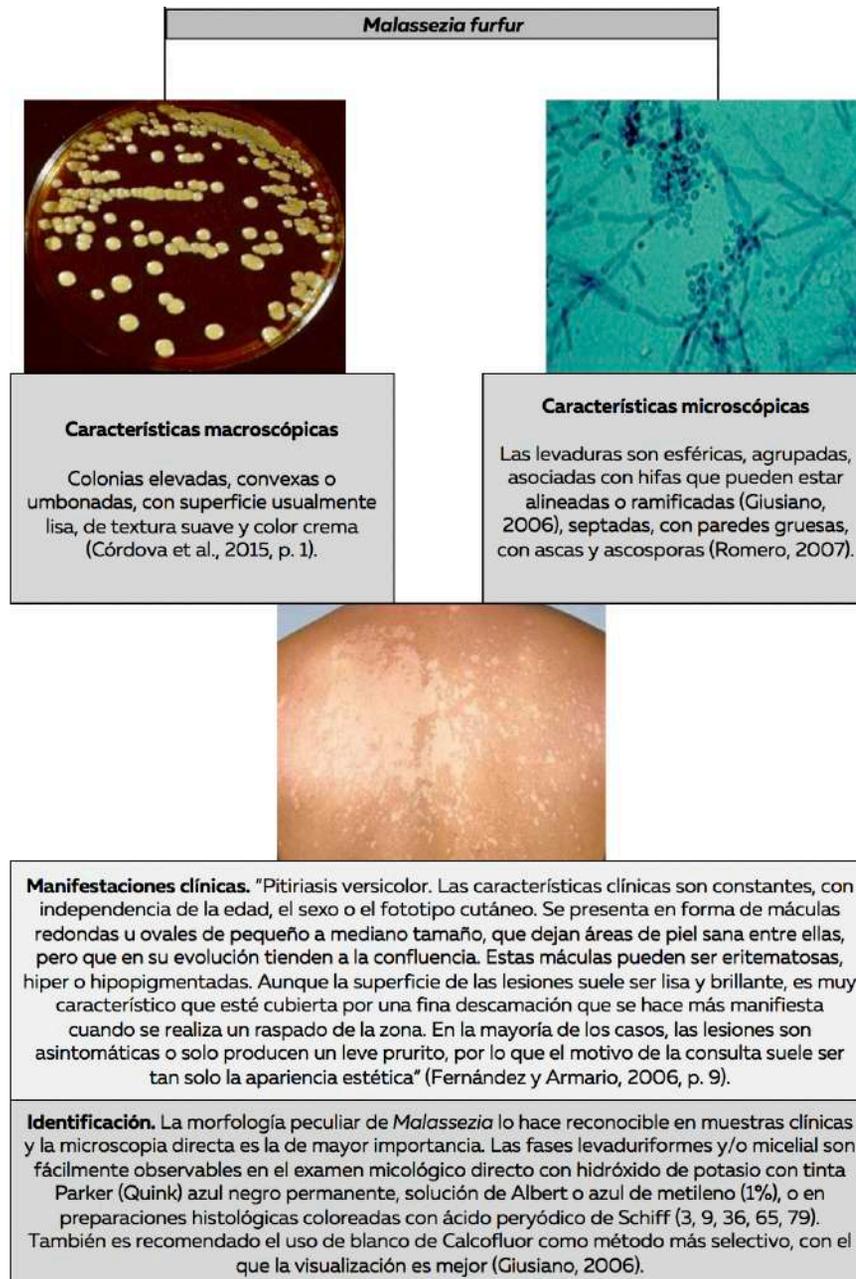


Figura 98. *Malassezia furfur*.

Fuente: Características macroscópicas y características microscópicas: <http://fundacionio.org/gefor/micologia/Malassezia.html>

Manifestaciones clínicas: <https://www.hongosenlapiel.com/la-pitiriasis-versicolor>

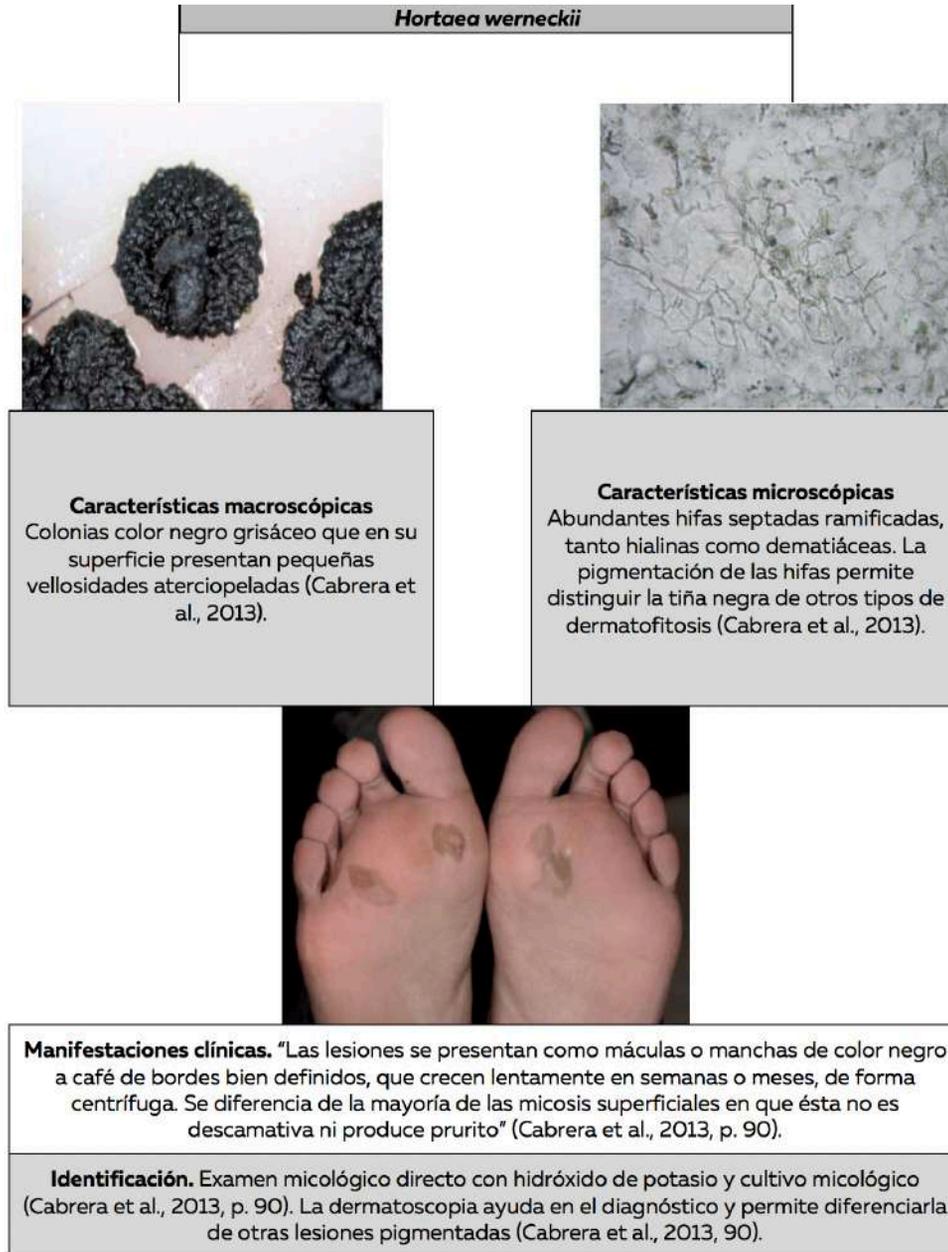


Figura 99. *Hortaea werneckii*.

Fuente: Cabrera et al., 2013



Figura 100. *Trichosporon beigelli*.
Fuente: Características macroscópicas: Santa, 2015
Características microscópicas: Diniz y de Sousa, 2005
Manifestaciones clínicas: Asz-Sigall et al., 2015

2.1.9 Hongos que producen micosis subcutáneas

Las micosis subcutáneas están limitadas al tejido subcutáneo profundo, con solo raros informes de diseminación sistémica. Se encuentran varios tipos de enfermedades subcutáneas que son más prevalentes en las regiones del mundo:

- *Micetomas*. Síndrome anatomoclínico de tipo inflamatorio crónico, que depende de inoculación traumática exógena de hongos o actinomicetos aerobios y se denomina eumicetoma (los agentes etiológicos son hongos verdaderos que producen hifas y esporas) o actinomicetoma (causados por un grupo de bacterias filamentosas parecidas a los hongos). El término "micetoma" se ha empleado de manera impropia para designar las bolas fúngicas o aspergilomas, así como los seudomicetomas producidos por dermatofitos, predominan en hombres, específicamente campesinos que no usan calzado o utilizan sandalias (Arenas, 2014).

Afecta piel, tejido celular, a menudo huesos y en ocasiones vísceras la localización más frecuente es el pie y se caracteriza por un aumento de volumen, deformación del área y fístulas que drenan exudado seroso o purulento en el que se encuentra el parásito formando *granos*, que representan la formación *in vivo* de colonias. El término micetoma se ha empleado inapropiadamente para designar las bolas fúngicas o aspergilomas, así como a los seudomicetomas producidos por dermatofitos [...]. Los microorganismos causales viven como saprófitos en la naturaleza, en el suelo o vegetales; se introducen a la piel de seres humanos por medio de algún traumatismo, habitualmente una espina vegetal, pero pueden hacerlo mediante astillas de madera, piedras, instrumentos metálicos, picaduras de insectos o mordeduras de animales, con contaminación por tierra. Después de la penetración, se observa el crecimiento lento del microorganismo, con respuesta inmunitaria ineficaz y acumulación de neutrófilos (Figura 101) (Arenas, 2014, p. 138-141).



Figura 101. Micetomas.

Fuente: Arenas, 2014

- *Cromoblastomycosis*

Micosis subcutánea ocasionada por hongos negros o feoides, de la familia Dematiáceae, principalmente de los géneros *Fonsecaea*, *Phialophora* y *Cladophialophora*. Afecta piel y tejido celular; se localiza en extremidades, especialmente inferiores y sobre todo en el pie. Se caracteriza por nódulos, verrugosidades y atrofia de evolución crónica. El parásito se presenta como células fumagoides o muriformes (esclerotes de Medlar) (Arenas, 2014, p. 174).

Los microorganismos causales viven como saprófitos del suelo y vegetales; incluso se han aislado en madera transportada a sitios diferentes al lugar de origen y en baños saunas. Contienen melanina en sus células por lo que se llaman hongos negros o feoides (Arenas, 2014, p. 175).

El microorganismo penetra a través de un traumatismo cutáneo, se desarrolla localmente, se extiende por contigüidad y rara vez por vía linfática o hematógena. Estos hongos se comportan como dimorfos y en su fase parasitaria se manifiestan como células fumagoides, que según algunos es un estado intermedio entre hifas y levaduras, estas células se multiplican por división directa y emiten filamentos. Las células fumagoides son una forma parasitaria de adaptación y conservan viabilidad muy prolongada *In vitro*, lo que explicaría el período prolongado de incubación y la dificultad para la curación. Este dimorfismo parece depender de la resistencia relativa del huésped y también de la presencia de iones de calcio (Figura 102) (Arenas, 2014, p. 176).



Figura 102. Cromoblastomycosis.

Fuente: Arenas, 2014

El material procedente de éstas lesiones puede estar constituido por pus de abscesos (que puede ser obtenido por punción), exudados o gránulos procedentes de fístulas, raspado de las lesiones, fragmentos de tejido tomado mediante biopsia y líquido sinovial. Estos especímenes deben ser colocados en frascos o tubos estériles, en casos de pus; en casos sospechosos de rinosporidiosis, fijar el material en formol, para estudio histopatológico (Arango y Castañeda, 2003) y (Guzmán, 1977).

- *Esporotricosis*. Infección granulomatosa micótica subcutánea, menos frecuentemente sistémica, subaguda o crónica causada por un hongo dimorfo, *Sporothrix schenckii* (Sánchez et al., 2009, p. 362-363):

Que se produce tras la inoculación accidental en la piel por material contaminado con las esporas o inhalación, con gran variabilidad clínica siendo la forma de presentación más frecuente lesiones nodulares gomosas, verrucosas o ulceradas a nivel del tejido cutáneo o subcutáneo, acompañada de linfangitis del área afectada, localizadas con más frecuencia en la cara y las extremidades (Sánchez et al., 2009, p. 362-363).

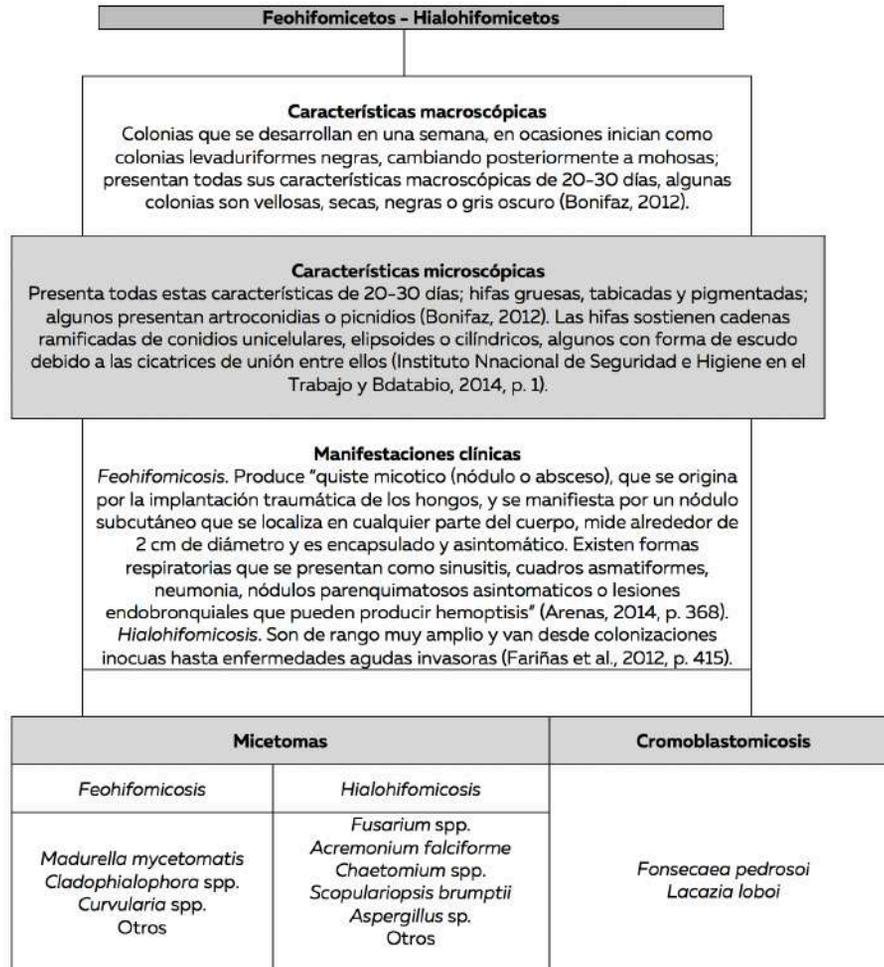


Figura 103. Feohifomicetos - Hialohifomicetos.



Figura 104. *Madurella mycetomatis*.

Fuente: Características macroscópicas y características microscópicas: Kidd et al., 2016
 Manifestaciones clínicas: Méndez, 2014

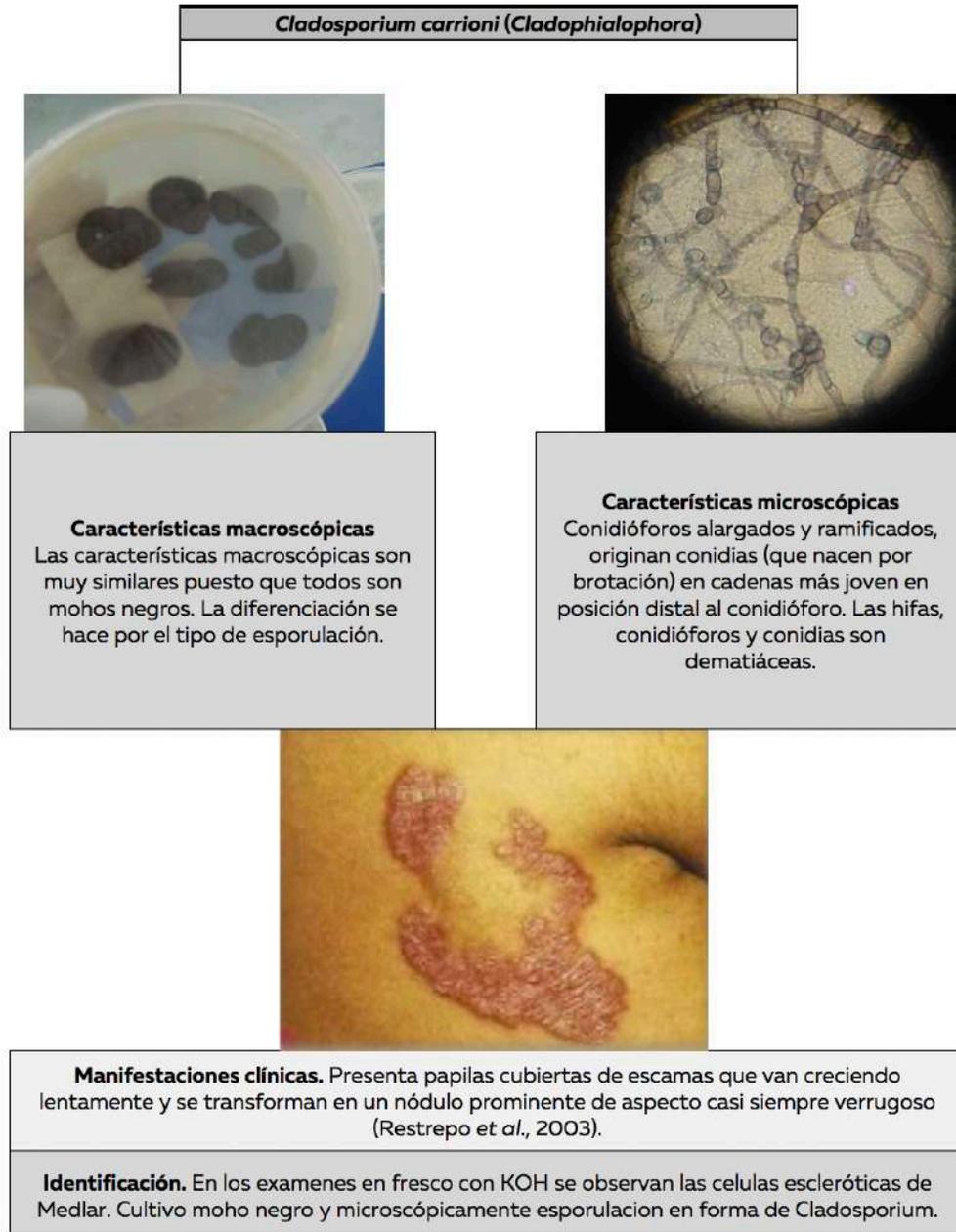


Figura 105. *Cladosporium carrioni*.

Fuente: Manifestaciones clínicas: Reyes y Quezada, 2013



Figura 106. *Curvularia lunata*.

Fuente: Características macroscópicas: Centro Hospitalar e Universitario de Coimbra, 2015

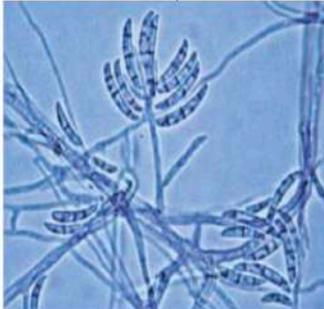
Características microscópicas: Kidd et al., 2016

Manifestaciones clínicas: Fraenza et al., 2016

Fusarium verticillioides



Características macroscópicas
 "Varían de acuerdo con el medio de cultivo. Por ejemplo, en agar papa-dextrosa el micelio es blanco, al inicio, y forma pigmentos que van desde gris hasta violeta. En cambio, en algunos cultivos ya envejecidos, la hifa del hongo produce melanina para conformar estructuras llamadas esclerocios" (De la Torre et al., 2014, p. 78).



Características microscópicas
 "Abundante producción de microconidias, ovaladas con la base aplanada y agrupadas en cadenas. Algunas cepas también generan macroconidias con apariencia larga y delgada y con cinco o seis septos. Muestran dos células: una apical, que es curva, y otra basal, en forma de pie. Este tipo de conidias se producen con estructuras que aparentan racimos denominados esporodoquios. La especie no produce clamidoconidias" (De la Torre et al., 2014, p. 78).



Manifestaciones clínicas. Queratitis micótica por *Fusarium* (pacientes inmunocompetentes), generalmente por traumatismos o procesos quirúrgicos que rompen la integridad del epitelio corneal, lo que permite la implantación del hongo. En días se manifiesta eritema conjuntival, inflamación local con formación de una úlcera, blanca, amarillenta o grisácea, de bordes elevados, que con el tiempo crece en extensión y profundidad (Martínez et al., 2014).

Identificación. Los especímenes de biopsia demuestran los organismos fúngicos alrededor y dentro de los vasos sanguíneos, esto resulta en trombosis y necrosis del tejido. Se visualiza mejor en cortes de tejido teñidos con plata y también pueden observarse en tinciones con hematoxilina y eosina. Las hifas pueden identificarse también mediante la tinción de ácido peryódico (PAS) (Martínez et al., 2014).

Figura 107. *Fusarium verticillioides*.

Fuente: Características macroscópicas: De la Torre et al., 2014

Características microscópicas y manifestaciones clínicas:

Martínez et al., 2014



Figura 108. *Fonsecaea pedrosoi*.

Fuente: Características macroscópicas y características microscópicas: Mondolis, 2013
 Manifestaciones clínicas: Moreira et al., 2005

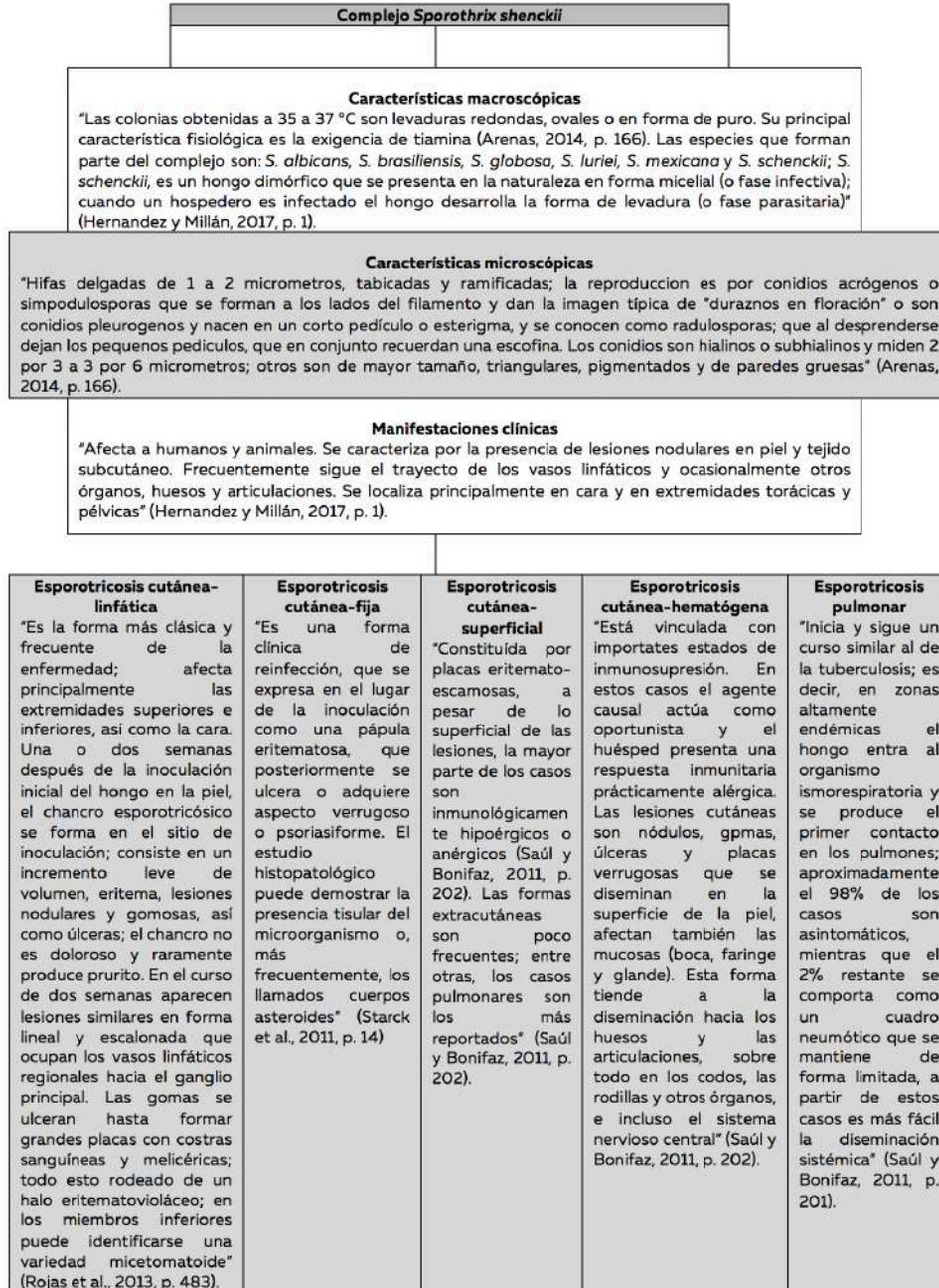


Figura 109. Complejo *Sporothrix shenkii*



Figura 110. *Sporothrix shenckii*.
 Fuente: Hernández y Millán, 2017

- *Lobomycosis*. “También denominada Blastomycosis queloidinana, es una infección micótica subcutánea crónica causada por un hongo levaduriforme la *Loboa lobo*, caracterizada clínicamente por la existencia de lesiones nodulares, queloides, verrucosas o vegetantes, que pueden presentarse en cualquier parte del cuerpo” (Sánchez et al., 2009, p. 381). “Las lesiones aparecen en el sitio de la inoculación, en forma de pequeños nódulos que se hacen queloides y se extienden por continuidad” (Sánchez et al., 2009, p. 381).

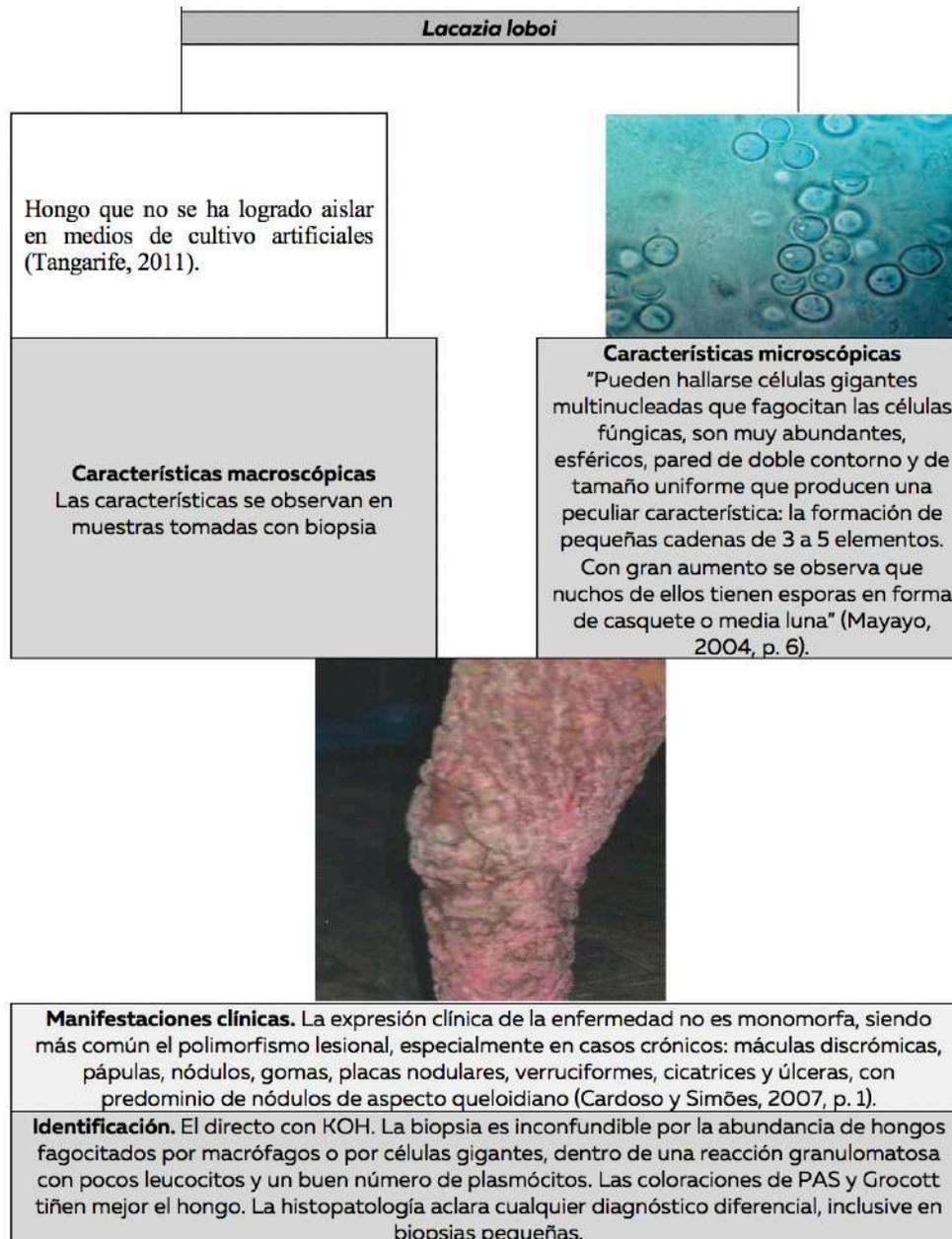


Figura 111. *Lacazia loboi*.

Fuente: Características microscópicas: Cardoso y Simões, 2007
Manifestaciones clínicas: Viajarseguro.org, 2014

- *Rinosporidiosis*

Es una micosis submucosa y subcutánea granulomatosa crónica causada por un hongo *Rinosporidium seeber*, caracterizada clínicamente por la formación de masas polipoideas verrucosas o vegetantes, altamente vascularizados.

La puerta de entrada de la infección es la mucosa nasal o conjuntiva ocular y con menor frecuencia la piel. Es posible que el polvo atmosférico traído por el viento sea un factor de la infección localizada a nivel ocular. Su localización en mucosa nasal que es la más frecuente, se relaciona con baños en aguas contaminadas en los que las personas sumergen la cabeza y donde se bañan animales caballares. La enfermedad progresa por continuidad, también se han descrito casos diseminados por vía linfática y hemáticas. El agente etiológico no ha podido ser cultivado en los medios rutinarios (Sánchez et al., 2009, p. 383).

2.1.10 Hongos que producen micosis sistémicas

Las micosis sistémicas son infecciones fúngicas endémicas producidas por hongos dimórficos (Koneman y Roberts, 1990).

La puerta de entrada al cuerpo es habitualmente un sitio profundo como mucosa o un órgano interno como el pulmón, tracto gastrointestinal o los senos paranasales, cuyo mecanismo de diseminación es por vía linfohemática, con afección uni o multiparenquimatosa y se clasifican de acuerdo a la capacidad infectiva del hongo en dos grupos: Micosis sistémicas por hongos verdaderos (patógenos primarios) y Micosis sistémicas oportunistas

Las micosis sistémicas por patógenos verdaderos. Son en general producidas por hongos dimórficos, lo que significa que el microorganismo puede tener dos formas: mohos (con hifas septadas y conidias) y otra forma habitualmente de levadura (en tejidos vivos), y producen infección en huéspedes con situación inmunológica normal. El contacto inicial suele producirse por inhalación del hongo, y ocasiona síntomas respiratorios. Las manifestaciones clínicas iniciales pueden variar según el estado subyacente del huésped, y muchas se desarrollan en presencia de un estado de inmunodeficiencia. La mayor parte de las infecciones se resuelven y deja en los pacientes una intensa inmunidad específica (Sánchez et al., 2010, p. 1). Las micosis sistémicas producidas por hongos verdaderos son: Coccidioidomicosis, histoplasmosis, paracoccidioidomicosis, y blastomicosis norteamericana

Micosis sistémicas oportunistas. Afectan a pacientes que padecen enfermedades graves como SIDA o que presentan neutropenia asociada con una enfermedad maligna, o que son sometidos a trasplante de órganos o cirugía extensa. Las micosis oportunistas más importantes observadas en los seres humanos son la candidiasis sistémica o profunda, aspergilosis diseminada, criptococosis y la cigomicosis sistémicas (Sánchez et al., 2010, p. 1).

2.1.10.1 Coccidioidomycosis

Micosis sistémica que se adquiere por inhalación, afecta los pulmones y puede ser asintomática, benigna, grave o mortal. Las formas diseminadas quizá afecten meninges, huesos, articulaciones, piel y tejido celular subcutáneo. Es causada por el hongo dimorfo *Coccidioides immitis* en California y por *C. posadasii* fuera de esta zona. El microorganismo actúa como agente patógeno primario en individuos sanos y como oportunista en inmunodeficientes. En las presentaciones moderadas, la recuperación deja inmunidad a la reinfección (Arenas, 2014, p. 197).

2.1.10.2 Histoplasmosis

Es una enfermedad cosmopolita, considerada como la micosis respiratoria más frecuente en el mundo. Se han estimado 40 millones de enfermos y se calculan 200.000 casos nuevos al año. Las áreas endémicas más importantes se sitúan en el continente americano. Se presenta en todos los grupos étnicos; antes de la pubertad afecta por igual a ambos sexos; en adultos predomina en varones con una relación de 3:1. La mayoría de los pacientes son varones caucásicos y de más de 50 años de edad (Arenas, 2014, p. 210).

2.1.10.3 Paracoccidioidomycosis

Micosis sistémica causada por el hongo dimorfo *Paracoccidioides brasiliensis* que consta de cuatro especies filogenéticas: se adquiere por inhalación y se localiza en aparato respiratorio o se disemina a mucosa buconasofaríngea, ganglios linfáticos, piel, huesos o vísceras. Puede producir una infección subclínica o ser de evolución aguda, subaguda o crónica e incluso causar la muerte (Arenas, 2014, p. 221).

2.1.10.4 Blastomycosis

Micosis sistémica causada por el hongo dimorfo *Blastomyces dermatitidis*. Se adquiere por inhalación y origina infección primaria pulmonar, a menudo subclínica. La diseminación a piel y huesos genera lesiones granulomatosas crónicas que predominan en la cara o son muy diseminadas en sujetos con inmunodeficiencia (Arenas, 2014, p. 231).

2.1.10.5 Muestras clínicas de micosis sistémicas

El material procedente de estas lesiones puede ser muy variado; se pueden obtener muestras de esputo, exudado de fístulas, líquido cefalorraquídeo, sangre, médula ósea, pus de abscesos o fístulas, etc. Estos materiales deben ser colocados en frascos, tubos de ensayo o cajas de Petri (estériles), para ser enviados al laboratorio donde serán procesados inmediatamente, en los medios adecuados. Si las muestras han de ser

estudiadas en un lugar distante, es preferible enviar el material inoculado en medios adecuados (tubo o frasco estéril con 1-2 mL de solución salina estéril) para estudios histológicos, acompañado de hoja de remisión con datos clínicos y epidemiológicos del paciente. No es recomendable enviar al laboratorio de Micología muestras fijadas en formol, ya que ello invalida los cultivos y hace más difícil la maceración y observación microscópica directa (Arango y Castañeda, 2003 y Guzmán, 1977).

- *Líquido cefalorraquídeo.*

La muestra se obtiene por punción lumbar, y luego es depositada en un tubo de vidrio o frasco estéril con tapa rosca. El volumen requerido para un adecuado diagnóstico de hongos debe ser de 5 mL. Centrifugar la muestra a 1500 g ó 3500 rpm por 15 minutos. El sobrenadante puede ser empleado para realizar pruebas serológicas de detección de antígeno de *C. neoformans* (Instituto Nacional de Salud, 2007, p. 32-33).

- *Orina.*

El urocultivo convencional es el método idóneo para el estudio de infección del tracto urinario, permitiendo diferenciar cualitativa y cuantitativamente una contaminación de una candiduria significativa. Inocular 1 ó 10 μ L de orina no centrifugada en una placa Petri que contenga agar sabouraud dextrosa con antibiótico (ASD). Incubar a 35 - 37 °C por 48 - 72 horas en aerobiosis (Instituto Nacional de Salud, 2007, p. 29).

- *Expectoración.* Colocar la muestra de esputo en tubos de ensayo con ASD y agar infusión cerebro-corazón. Emplear como mínimo seis tubos por muestra, tres de ellos se incubarán a temperatura ambiente y los otros tres a 37 °C. Los medios de cultivo deben de contener cloramfenicol 0,5g/L. Evitar el uso de cicloheximida debido a que puede inhibir el desarrollo de mohos, principalmente *Aspergillus* spp., *Penicillium marneffe*, y *Cryptococcus neoformans* (Instituto Nacional de Salud. 2007, p. 32).

- *Sangre*

En laboratorios pequeños que tienen un bajo flujo de este tipo de muestras y no permiten tener medios especiales es aceptable inocular 0,5 mL de sangre heparinizada directamente en la superficie de un medio de cultivo. Como medio de cultivo se debe emplear una botella bifásica que contenga 60 mL de caldo infusión cerebro corazón y agar cerebro corazón. Se inocula 10 mL de sangre en el medio bifásico, recibiendo ventilación a través de una aguja con tapón de algodón, colocando el medio de cultivo en forma vertical. Se incuba a 30 °C por 30 días. Examinar en forma diaria, hasta observar el crecimiento de microorganismos (Instituto Nacional de Salud, 2007, p. 28-29).

- *Heces.* Se recolectan en un recipiente estéril. Para investigar *Candida* o *Geotrichum* puede bastar un pequeño volumen obtenido con un hisopo rectal. En un portaobjeto se dilacera un pequeño volumen sobre una gota de agua estéril o azul de lactofenol y se coloca el cubreobjetos.

- *Frotis.*

Puede ser útil en pus, exudados y otros líquidos como expectoración; se fijan los especímenes en un portaobjeto mediante calentamiento ligero o poniendo 2 gotas de alcohol. Se puede utilizar tinción de Gram, azul de metileno, Giemsa, PAS o Papanicolaou (Arenas, 2011, p. 43).

- *Biopsia de tejidos u órganos*

Realizar preparación antiséptica del área de donde se va a tomar la biopsia, conservar la esterilidad de la muestra hasta su recepción en el laboratorio clínico o de patología, colocar la muestra de tejido en solución salina no bacteriostática (lactato de Ringer), no agregar formol a la muestra que se va a enviar al laboratorio clínico, se recomienda tomar cultivo de biopsia tejido para lesiones relacionadas con úlceras de presión, úlceras varicosas, quemaduras y pie diabético, realizar limpieza previa con solución salina estéril, si no es posible de realizar el cultivo de biopsia tejido, aspire material inflamatorio de la base de la lesión (Dirección de Salud Pública, 2008, p. 45).

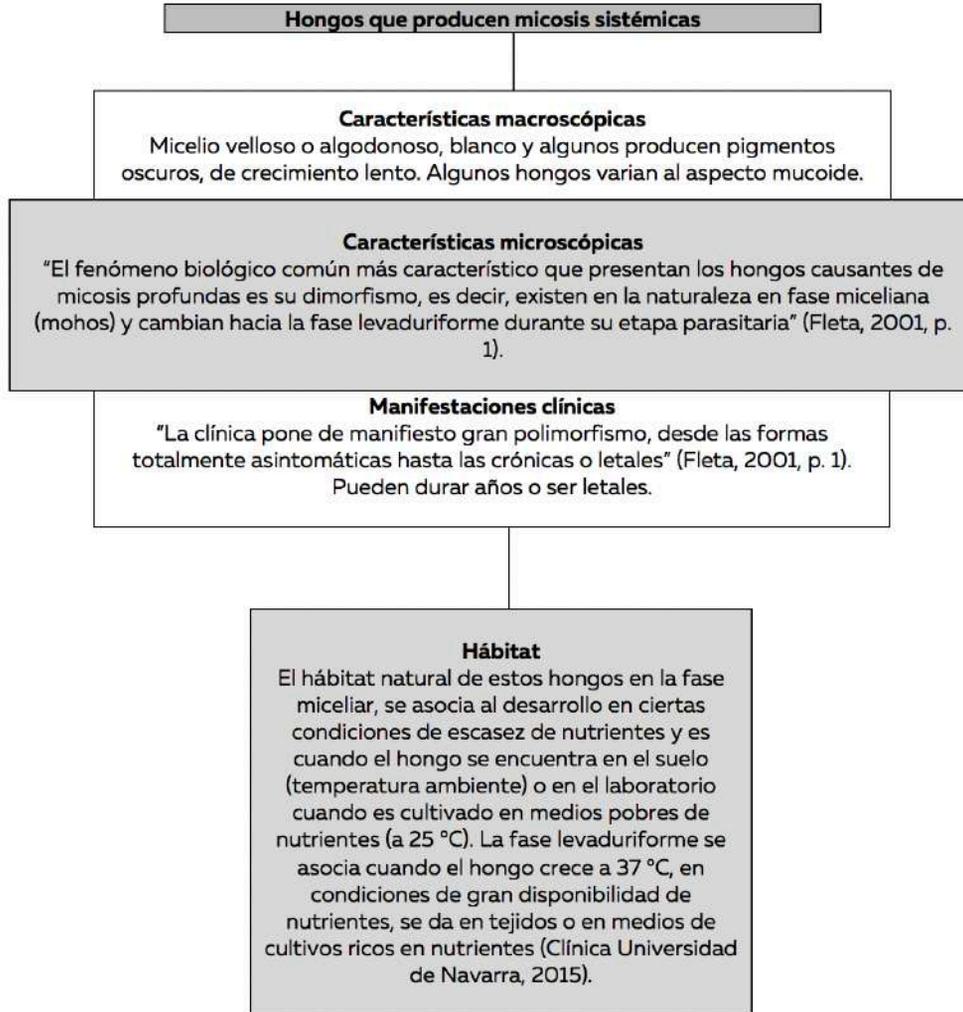


Figura 112. Hongos que producen micosis sistémicas



Figura 113. *Blastomyces dermatitidis*.

Fuentes: Características macroscópicas: Medical mycology (s.f.)
Características microscópicas y manifestaciones clínicas: Tom Volk's fungus (s.f.)



Figura 114. *Coccidioides immitidis*.

Fuente: Características macroscópicas y características microscópicas: Gefor, 2011.
Manifestaciones clínicas: Beatty y Al Mohajer, 2015

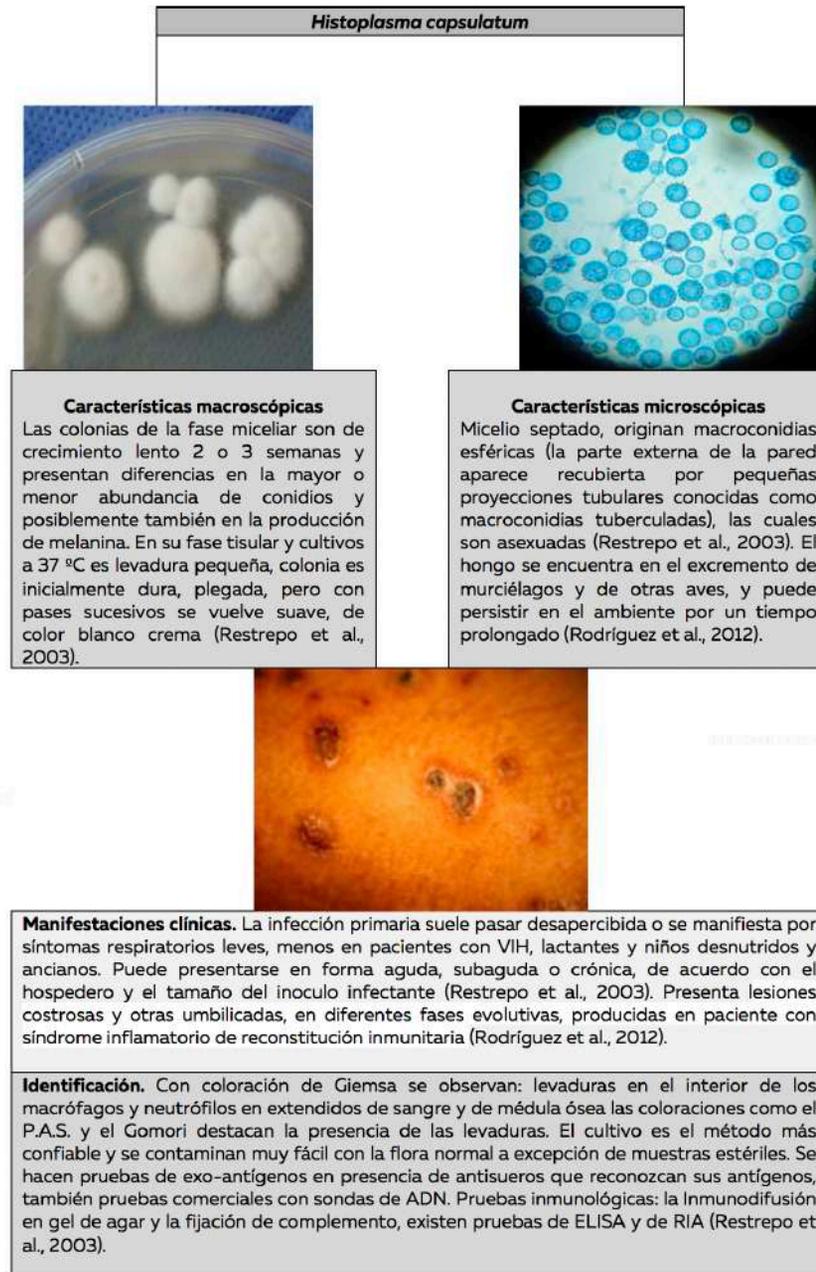


Figura 115. *Histoplasma capsulatum*.

Fuente: Características macroscópicas y características microscópicas: Castañón, 2015
Manifestaciones clínicas: Rodríguez et al., 2012



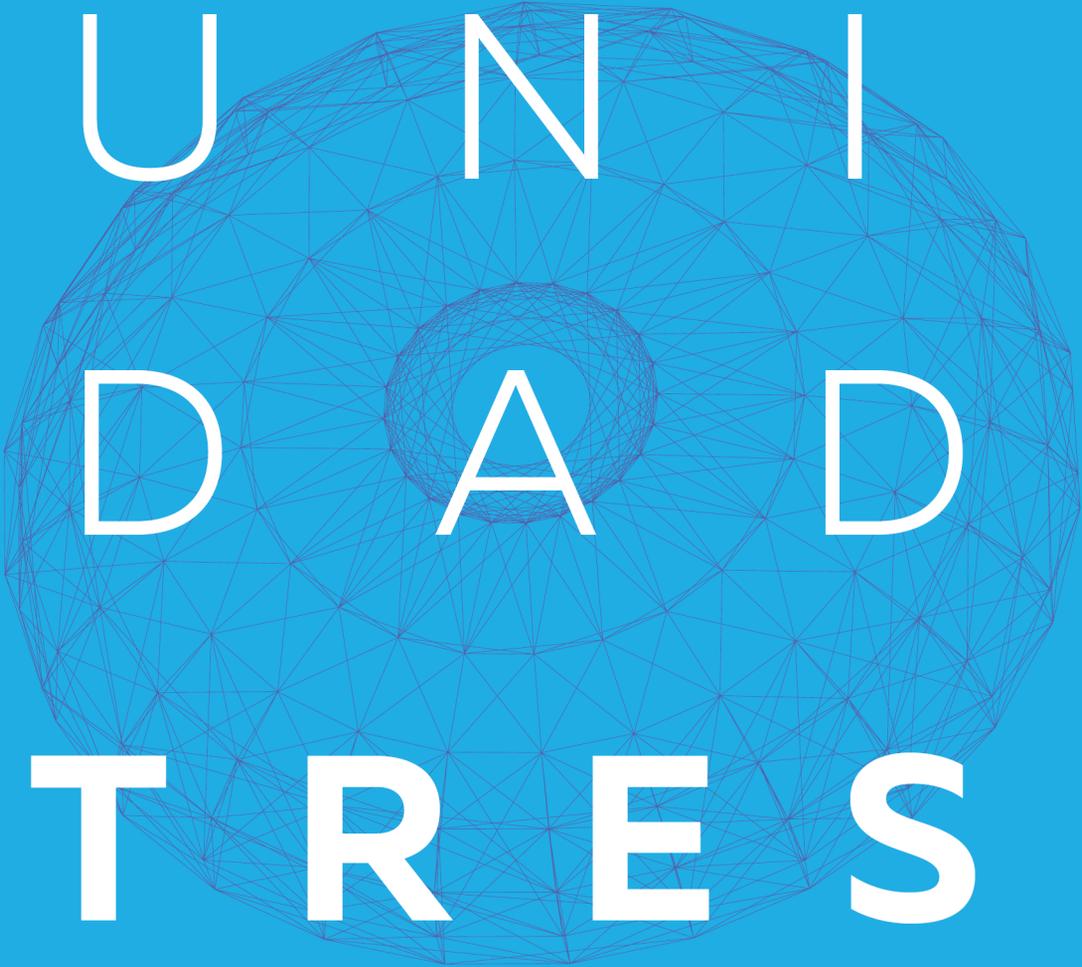
Figura 116. *Paracoccidioides brasiliensis*.

Fuente: Características macroscópicas: Varón et al., 2005

Características microscópicas:

Volk y Mossman, 2005

Manifestaciones clínicas: López, 2015



U
N
I
D
A
D
T
R
E
S

HONGOS
CONTAMINANTES

En el medio ambiente existe una gran cantidad de hongos contaminantes que se encuentran en lugares como: suelo, aire, heces, frutos y demás. La mayoría se reproduce de forma asexual por medio de la liberación de esporas, lo que provoca que su proliferación se dé con mayor facilidad en el ambiente, logrando su crecimiento en 48 horas y con sus estructuras de reproducción completas de 3 a 5 días. Sin embargo, algunos pueden llegar a afectar al ser humano de forma adversa (Morales et al., 2011, p. 2).

“Algunos de ellos, cuando crecen a temperaturas de 37 °C o más, realizan cambios metabólicos y, por tanto, pueden convertirse en agentes oportunistas, siempre que estén en contacto con un huésped propenso” (Bonifaz, 2012, p. 60). Estos hongos pueden ser: filamentosos y levaduriformes y colonizan, infectan y producen enfermedad cuando el hospedador ofrece oportunidades como la disminución de su capacidad defensiva; en ocasiones y según el estado inmunitario pueden invadir tejidos y producir alteraciones que pueden llevar a la muerte (Giusiano, 2006).

3.1 Hongos contaminantes filamentosos

La enfermedad fúngica invasora (EFI) por hongos filamentosos es una causa frecuente de morbi-mortalidad en pacientes inmunocomprometidos (Cruz, 2014, p. 1). Estas infecciones son más frecuentes en pacientes oncohematológicos que cursan con neutropenia, en especial aquellos con leucemia mieloide aguda; sin embargo, existen otros grupos de riesgo (pacientes sometidos a trasplante de órganos sólidos o de precursores hematopoyéticos, enfermedad injerto contra hospedero, enfermedad granulomatosa, SIDA, etc.) donde también pueden diagnosticarse. Es provocada principalmente por el género *Aspergillus*, y si bien *A. fumigatus* predomina ampliamente, otras especies de este género (*A. flavus*, *A. niger*, *A. terreus* y *A. nidulans*), *Fusarium*, *Scedosporium* y taxas pertenecientes a los mucormycetes se diagnostican con cierta frecuencia.

Las principales localizaciones de estas infecciones son pulmonares y senos paranasales; sin embargo, también pueden presentarse en piel, sistema nervioso central y formas diseminadas (Cruz, 2014, p. 1). Especies del género *Aspergillus* se encuentran ampliamente distribuidas en la naturaleza pudiéndose aislar de una gran variedad de substratos. Gracias a la facilidad de dispersión de sus conidios y a su pequeño tamaño, éstos pueden permanecer en suspensión en el ambiente durante un largo periodo de tiempo, por lo que el hombre se encuentra expuesto constantemente a su inhalación.

En los últimos años se ha producido un notable incremento en las infecciones fúngicas nosocomiales. Diferentes especies del género *Aspergillus* son una causa frecuente de micosis invasivas, normalmente fatales, en pacientes inmunocomprometidos en los países desarrollados (Abarca, 2000, p. 79).

Produce infecciones como Aspergilosis, es una enfermedad cosmopolita e infrecuente, afecta cualquier edad, grupo étnico o sexo; predomina en varones adultos; 12 % de los Aspergilomas se ha observado en tuberculosos curados. Las presentaciones alérgicas parecen más frecuentes en campesinos y en quienes trabajan con granos, como los empleados en silos y molinos (Arenas, 2008, p. 265).

3.2 Hongos contaminantes levaduriformes

Desde hace más de 30 años se utiliza el término "micosis oportunistas" para designar a un grupo de infecciones por hongos que viven normalmente como saprobios en el ambiente o en cavidades naturales de seres humanos, son termotolerantes y tienen la propiedad de presentar cambios bioquímicos y morfológicos en contacto con personas que tienen defectos en su mecanismo de defensa (Arenas, 2008, p. 217).

Son diferentes hongos levaduriformes de los géneros: *Candida*, *Rhodotorula*, *Cryptococcus*, entre otros, que producen una serie de patologías de importancia clínica: Candidosis o candidiasis, Fungemia por *Rhodotorula*, Criptococosis, entre otros.

La incidencia de estas infecciones muestran aumento constante en presencia de anomalías de inmunidad, sea celular (caquexia, SIDA) o humoral (leucemia, mieloma); por alteraciones de la fagocitosis (lupus y diabetes); granulocitopenia (citotóxicos, radioterapia) o en inmunosupresión consecutiva a uso de glucocorticoides y quimioterapia, principalmente en receptores de membrana; también se observa en quienes sufren quemaduras graves, así como en pacientes con hiperalimentación parenteral y con catéteres intravasculares. Esta curva seguirá en aumento (enfermedades geriátricas, uso de inmunosupresores cada vez más potentes y con efectos colaterales, utilización de antibióticos de amplio espectro y biológicos como los inhibidores del factor de necrosis tumoral, complicaciones de las técnicas quirúrgicas modernas o que sobreviven en unidades de cuidados intensivos y presencia de SIDA) (Arenas, 2008, p. 217).

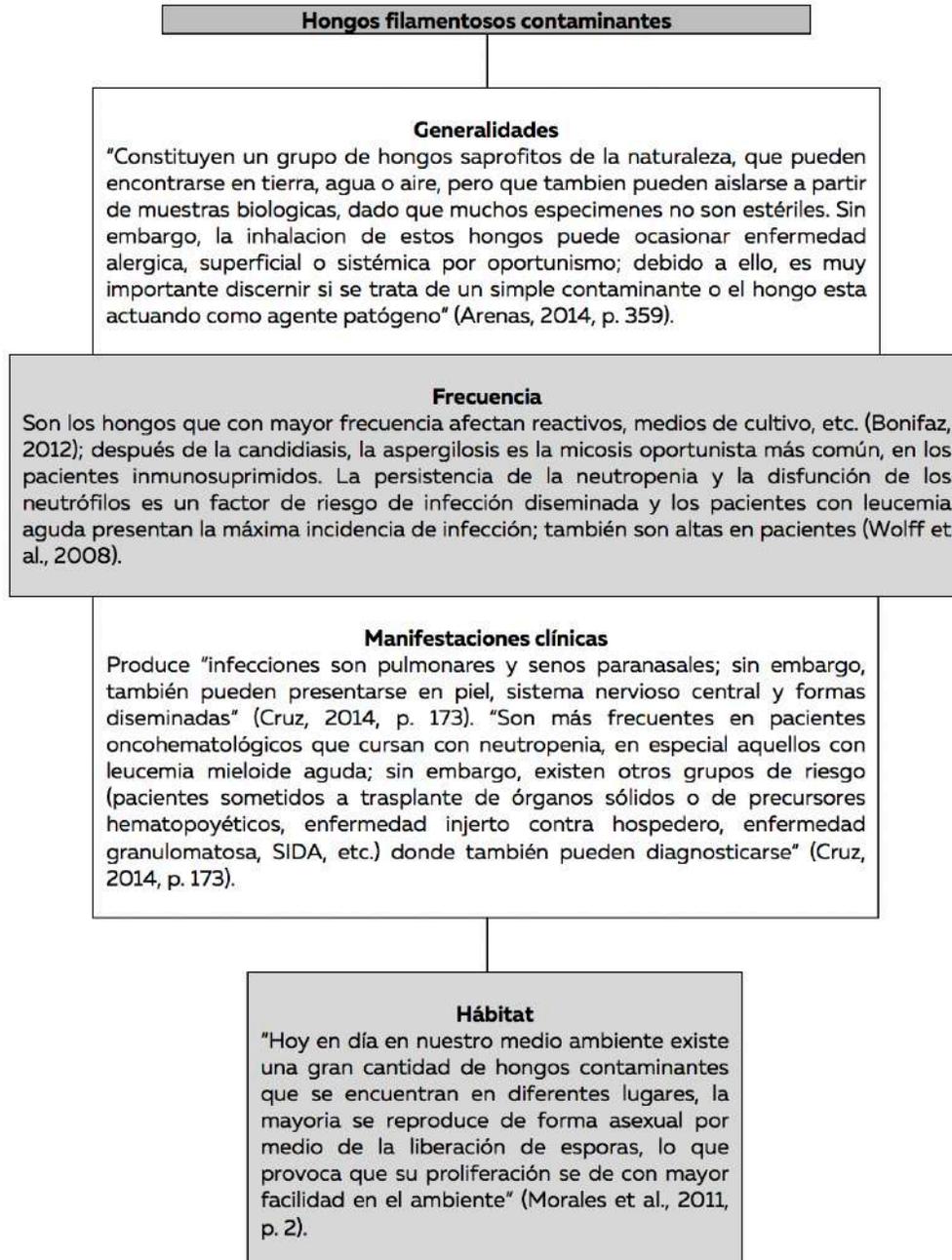


Figura 117. Hongos filamentosos contaminantes.



Figura 118. *Absidia spp.*
Fuente: Bonifaz, 2012



Figura 119. *Rhizomucor pusillus*.

Fuente: Características macroscópicas y características microscópicas: Gefor, 2011
 Manifestaciones clínicas: Andrade y Mendoza, 2013



Figura 120. *Mucor* spp.

Fuente: Características macroscópicas: Elexsiquimics, s.f.
Manifestaciones clínicas: Pozo et al., 2015

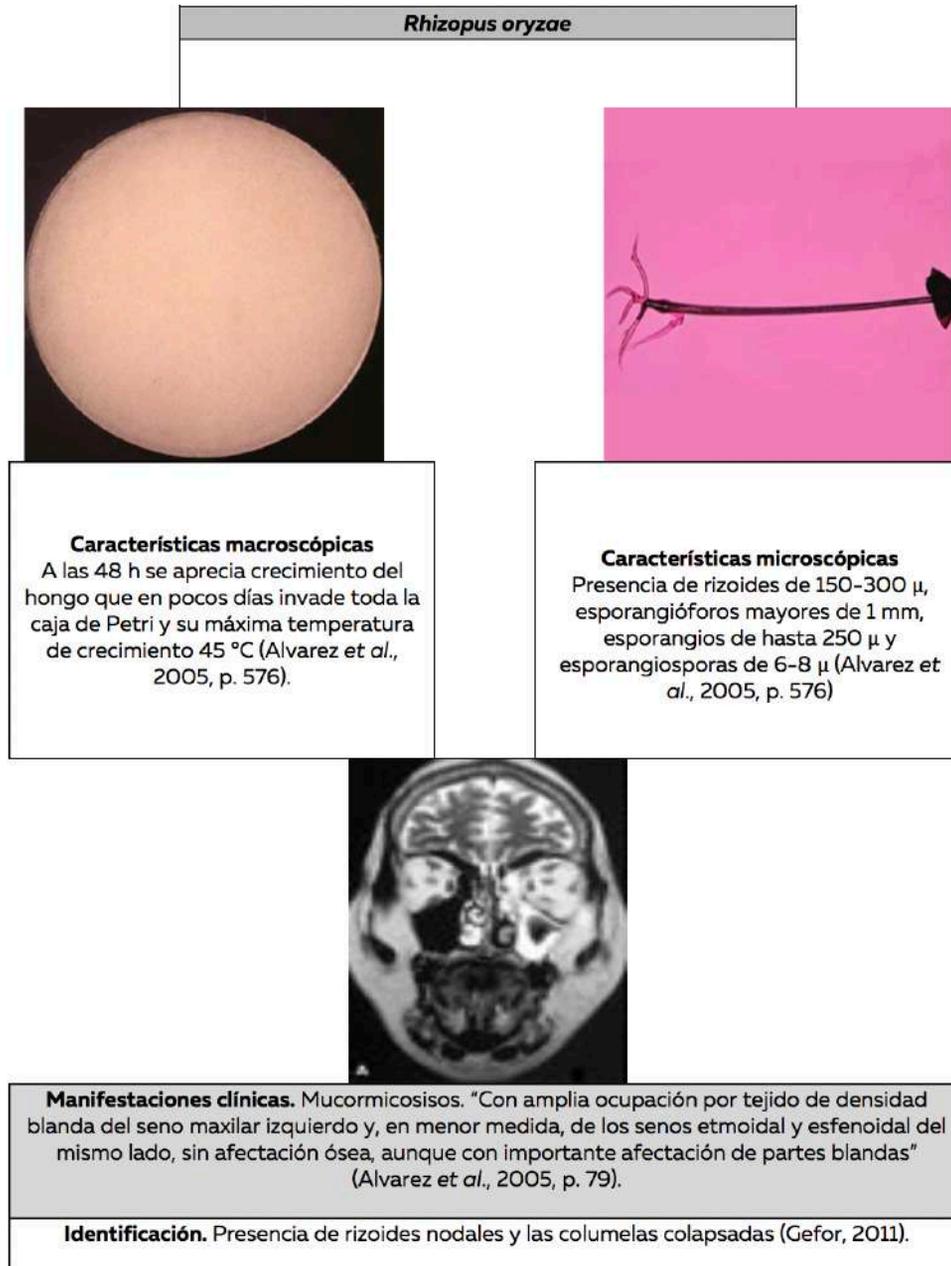


Figura 121. *Rhizopus oryzae*.
Fuente: Gefor, 2011

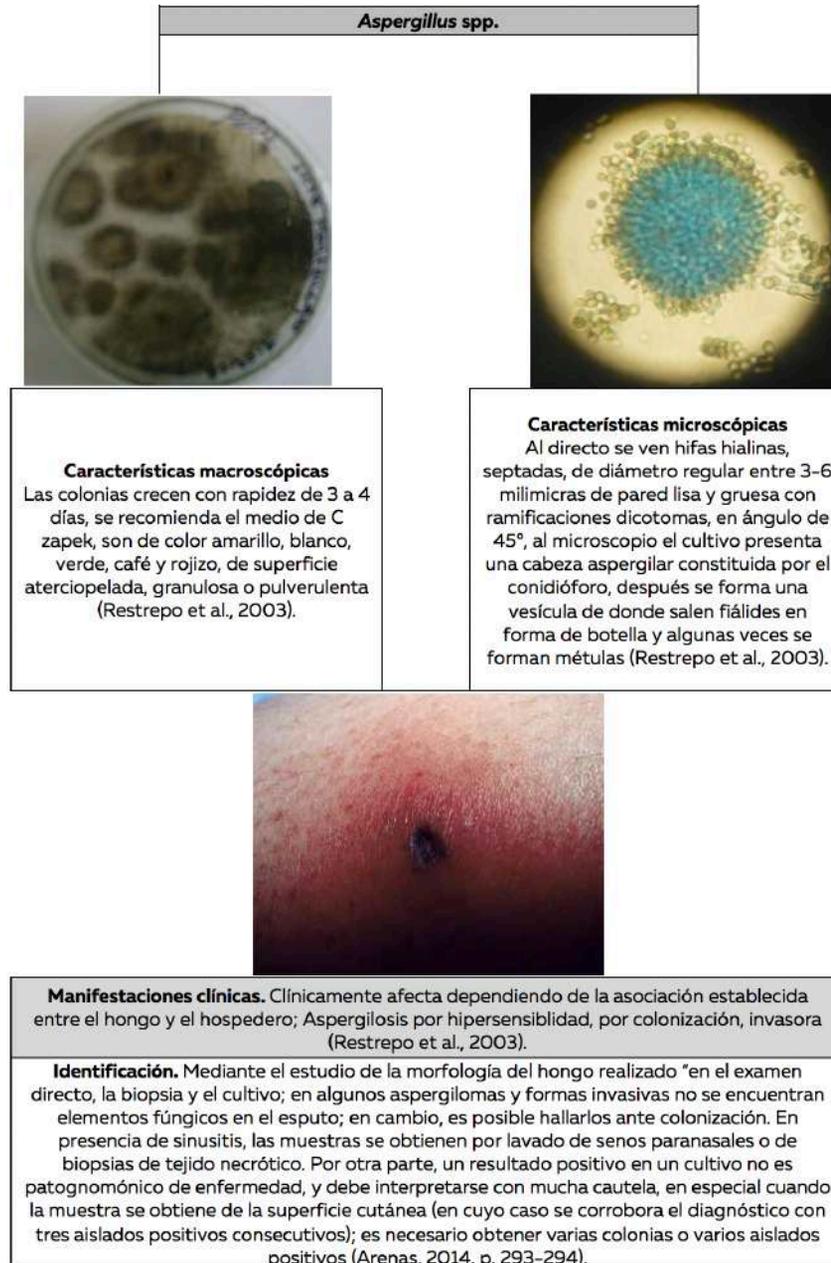


Figura 122. *Aspergillus* spp.

Fuente: Manifestaciones clínicas: Blanco et al., 2002

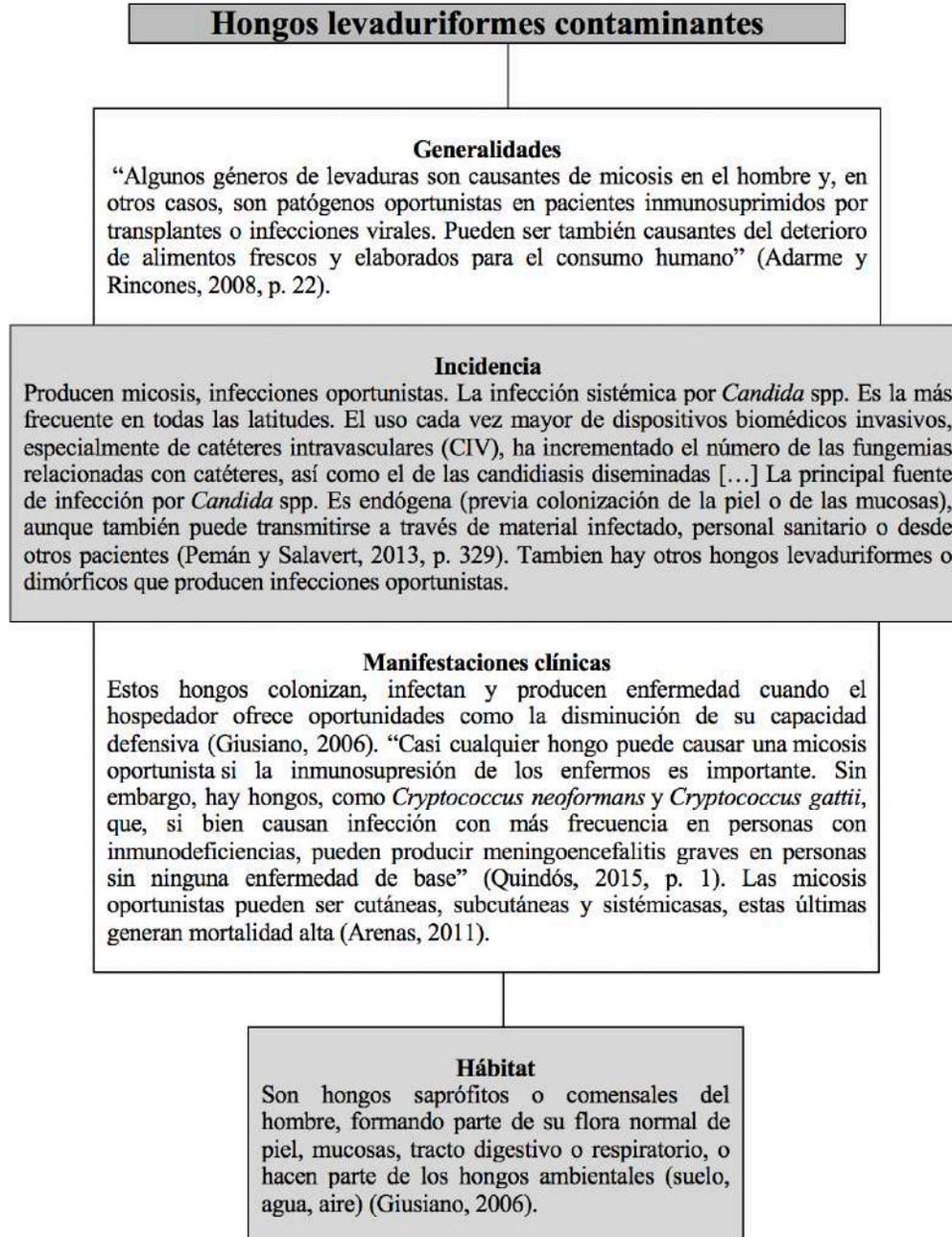


Figura 123. Hongos levaduriformes contaminantes.

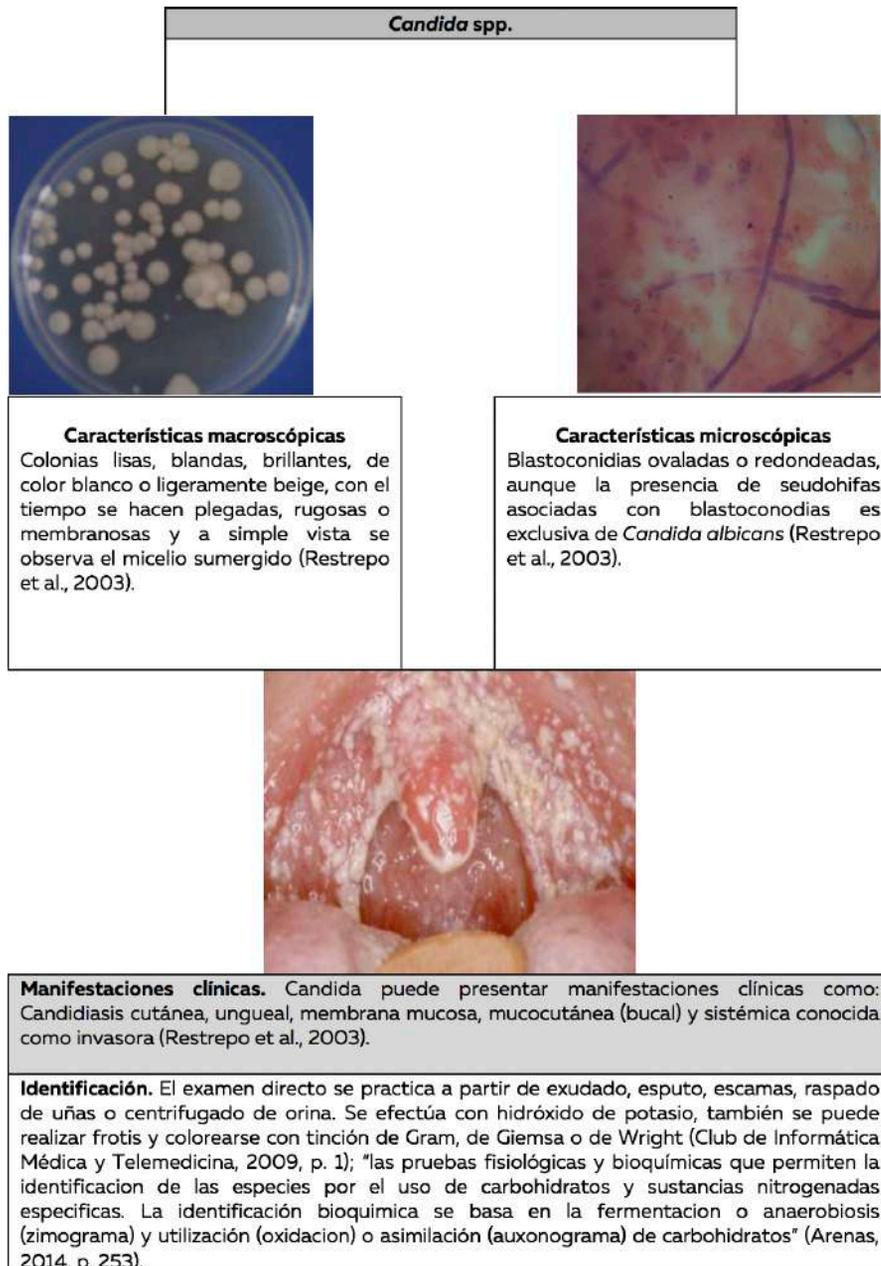
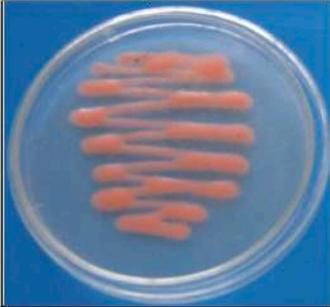


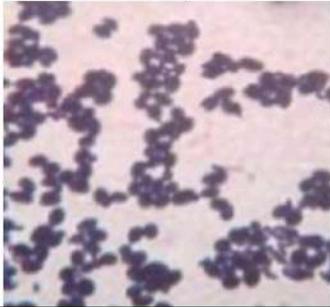
Figura 124. *Candida* spp.

Fuente: Manifestaciones clínicas: Maya, 2014

Rhodotorula glutinis



Características macroscópicas
Colonias lisas, blandas, brillantes y de aspecto "mucoide con pigmento carotenoide que le confiere color rojo-anaranjado" (Arenas, 2014, p. 258).



Características microscópicas
Blastoconidios de 2 a 4µm de diámetro, ovoides o ligeramente alargados, monogemantes de base estrecha, solo en ocasiones excepcionales forma pseudohifas (Bonifaz, 2012)



Manifestaciones clínicas. Hongo oportunista capaz de producir infecciones localizadas como endoftalmítis y peritonitis en pacientes en diálisis peritoneal y generalizadas del tipo fungemia, endocarditis y meningitis; una elevada proporción de infecciones invasoras ha sido descrita en pacientes inmunodeprimidos (oncológicos, trasplantados o VIH) (Ramos et al., 2012). En condiciones normales crecen fácilmente y no son patógenas. Decolora la carne, pescado y se identifica con manchas que producen en la superficie del alimento (Soto, 2016).

Identificación. Crecen bien en agar sangre, agar chocolate y agar Sabouraud-cloranfenicol a 37°C, pero su crecimiento es más lento apreciándose colonias aisladas con una ligera pigmentación anaranjada a las 48 horas de incubación (Ramos et al., 2012). Encargada de la decoloración de la carne y se manifiesta con machas en la superficie del alimento.

Figura 125. *Rhodotorula glutinis*.
Fuente: Manifestaciones clínicas: Soto, 2016



Figura 126. *Cryptococcus neoformans*.

Fuente: Características macroscópicas: Fungal infections, s.f.

Características microscópicas: Criptococosis, 2013

Manifestaciones clínicas: Ramos et al., 2008

3.3 Otros hongos contaminantes

Los hongos contaminantes representan un verdadero problema para los intereses de las personas; dentro de las setas cabe mencionar las que parasitan y pudren la madera, como *Coniophora*, o las comúnmente denominadas 'orejas'. Sin embargo, el mayor perjuicio se obtiene de los hongos microscópicos, entre los que sobresalen los mohos, que pueden atacar y degradar los cereales, frutas, jugos, leches descremadas, etc.; de modo que en la industria farmacéutica son un auténtico problema debido a la contaminación de reactivos, medios de cultivo, sueros, etc. Algunos ejemplos son: *Trichothecium roseum*, el cual crece en la madera y el papel y, además, afecta cultivos de manzana y pepino; *Geotrichum candidum*, el cual contamina leche y sus derivados, dando un aspecto cremoso de diferentes colores; *Neurospora sitophila* (anteriormente *Monilia* spp.), que contamina el pan y las tortillas de maíz en forma de moho rojo o naranja; *Sporotrichum carnis*, afecta la superficie de las carnes dando un moteado blanco; *Botrytis cinerea* afecta a las uvas; diversos mucorales como *Rhizopus* y *Mucor* alteran la maduración de frutas y contaminan el pan; algunas especies de *Aspergillus* afectan diversos alimentos y tienen la cualidad de sobrevivir a altas concentraciones de azúcares y sal; *Alternaria citri* provoca la descomposición de diversos frutos; asimismo, diferentes especies de *Penicillium* y *Fusarium* son importantes contaminantes de frutas y diversos alimentos; *Phytophthora infestans* (Oomycete), que produce la contaminación de papas, tomates y algunas plantas herbáceas (Bonifaz, 2012, p. 5).

El hombre conoce los hongos que crecen en los alimentos desde la antigüedad, y los ha utilizado en su propio beneficio como alimento directo, para mejorar alimentos y especialmente con fines terapéuticos (antibióticos). Sin embargo, el estudio de los hongos como tóxicos no se inició hasta los años 60, como consecuencia de una intoxicación masiva que provocó la muerte de 100.000 pavos, y que se encontró asociada a una contaminación por hongos. Ciertas especies fúngicas son capaces de producir unos metabolitos secundarios con carácter tóxico llamadas micotoxinas. La segregación de estas sustancias se produce bajo ciertas condiciones ecológicas favorables (Antón y Lizaso, s.f. p. 1).

Las micotoxinas son sustancias químicas producidas por hongos, que pueden causar enfermedades y muerte, tanto a hombres como a animales. Las micotoxinas son metabolitos fúngicos secundarios, formados por una serie de reacciones consecutivas, catalizadas a partir de intermediarios bioquímicamente simples del metabolismo primario; por ejemplo: acetato, mebolato, malonato y ciertos aminoácidos. La producción de micotoxinas está asociada al proceso de esporulación del hongo, estrechamente relacionado con las condiciones ambientales y la concentración de nutrientes en el medio (Bogantes et al., 2004, p. 1).

Sobre la sensibilidad a los hongos de importancia clínica:

Durante las últimas décadas el aumento en la prevalencia de las infecciones fúngicas ha sido constante. Los motivos son varios, pero entre ellos destacan el incremento de pacientes inmunosuprimidos, así como de las técnicas diagnósticas y de las estrategias terapéuticas, que han aumentado la población susceptible de sufrir una micosis invasiva (Zapata y Cardona, 2012, p. 72).

Para establecer el tratamiento a realizar se deben tener en cuenta varios aspectos:

- Las características del paciente: edad, factores de riesgo, enfermedades de base, presentación clínica de la micosis, tiempo de evolución, sitio de presentación y el agente etiológico.
- Las características farmacocinéticas del medicamento: vías de administración, solubilidad, absorción, metabolismo, niveles sanguíneos, excreción e interacciones.
- Efectos secundarios: reacciones adversas, patologías limitantes (nefropatía, hepatopatías, etc.).
- Estados fisiológicos del paciente (embarazo, lactancia).
- Tipo de presentación: nombre genérico y comercial del antimicótico.
- Uso: en pediatría a geriatría.
- Posibilidad de sustitución con base en las guías de manejo institucional y el Plan Obligatorio de Salud (POS) (González, 2011).

3.4. Antifúngicos

Son fármacos utilizados para combatir las infecciones por hongos, Prats (2013) afirma que estos medicamentos se pueden clasificar en función de su estructura química en varias familias: polieno, nucleósidos, azoles, equinocandinas y alilaminas (Tabla 9).

Tabla 9.
Familias de antifúngicos.

| Familia | Antifúngico |
|---------------|-------------------------------------|
| Polienos | Anfotericina B (Parenteral) |
| | Nistatina (Tópico) |
| Nucleósidos | 5-Fluorocitosina (Oral, Parenteral) |
| Azoles | <i>Imidazoles</i> |
| | - Clotrimazol (Tópico) |
| | - Miconazol (Tópico) |
| | - Ketoconazol (Tópico, Oral) |
| | <i>Triazoles</i> |
| | • Fluconazol (Oral, Parenteral) |
| | • Itraconazol (Oral, Parenteral) |
| | • Voriconazol (Oral, Parenteral) |
| | • Posaconazol (Oral) |
| Equinocandina | Caspofungina (Parenteral) |
| | Micafungina (Parenteral) |
| | Anidulafungina (Parenteral) |
| Alilaminas | Terbinafina (Tópico, Oral) |
| | Naftifina (Tópico) |

Fuente: Prats (2013).

La importancia de estas familias de antimicóticos, es la siguiente:

Polienos:

Los más importantes son la nistatina y la anfotericina B. Se unen a los componentes de la membrana plasmática e interactúan con el ergosterol, pero sin inhibir su síntesis. Al unirse al ergosterol, se forma un poro de gran tamaño por el que se pierden iones, azúcares y otros compuestos, hasta que la célula finalmente revienta. Por eso, y además porque la unión es irreversible, la anfotericina es un fármaco fungicida (Tapia, 2005, p. 1).

Nucleósidos:

La flucitosina es un análogo fluorado del nucleósido citosina. La flucitosina impide la síntesis de ADN del hongo. En las dosis en las que se administra esta transformación, se produce preferentemente en el interior del hongo, lo que explica la relativa especificidad de la acción sobre la célula fúngica (Lumbreras et al., 2003, p. 366).

Azoles:

Su mecanismo de acción: inhiben la biosíntesis del ergosterol. Compuesto por dos familias: imidazoles y triazoles que comparten mecanismos de acción y resistencia. Entre los imidazoles están clotrimazol, miconazol y ketoconazol, este último era uno de los fármacos más utilizados en la onicomicosis, pero su toxicidad hepática es muy importante (Tapia, 2005, p. 1).

Equinocandinas:

La pared de las células micóticas está compuesta por proteínas y polisacáridos como glucano, manano y quitina, los cuales dan una estructura rígida a la célula y la protegen de los cambios osmóticos. Las equinocandinas afectan e inhiben de forma no competitiva la síntesis de D-glucano, lo que produce la lisis celular por edema de la célula y de la membrana. Son un grupo de lipopéptidos semi-sintéticos, productos de la fermentación de varios hongos: *Coleophoma empedri*, *Aspergillus nidulans* y *Glarea lozoyensis* (Cortés y Russi, 2011, p. 529).



U
N
I
D
A
D
C
U
A
T
R
O

HONGOS DE IMPORTANCIA
FITOPATOLÓGICA

4.1 Hongos fitopatógenos

Los hongos fitopatógenos son los que producen micosis en las plantas, de acuerdo con Sánchez et al., 2000 y Agrios, 1995, las pérdidas económicas debidas a las micosis en las plantas, contribuyen en alto porcentaje a los problemas de bienestar de la sociedad. Alrededor de dos tercios de las enfermedades de las plantas son causadas por hongos, aproximadamente 8000 especies de hongos son fitopatógenos (González, 1981, p. 16).

La mayoría de los hongos tienen un área o soma vegetativo similar al de las plantas que consta de filamentos microscópicos continuos más o menos alargados y ramificados que tienen paredes celulares definidas. Al soma del hongo se le denomina micelio, y a las bifurcaciones individuales o filamentos del micelio se les denomina hifas. Cada hifa o micelio puede tener un grosor uniforme o pueden terminar en porciones más delgadas o más anchas. Las hifas de algunos hongos tienen un diámetro de tan solo 0.5 μm , mientras que otras tienen un espesor de más de 100 μm . En algunos hongos, el micelio tiene una longitud de tan solo unos cuantos micrómetros, pero en otros produce filamentos miceliales de varios metros de longitud (Peña y Páez, s.f. p. 3).

Técnicas y trucos sencillos en la manipulación del material vegetal afectado permiten una clara observación microscópica y macroscópica, con lo cual se facilita un rápido diagnóstico en la mayoría de los casos.

4.2 Enfermedades producidas por hongos en plantas

Generalmente se acepta que la producción de enfermedades en plantas por hongos fitopatógenos se debe a la acción individual o combinada de cuatro mecanismos de patogénesis:

La síntesis y liberación de enzimas degradativas de la pared celular. Las enzimas poligalacturonasas, pectato-liasas, hemicelulasas y celulasas, en ocasiones son liberadas de forma secuencial. Estas enzimas ocasionan la degradación de sustancias pécticas que unen las paredes celulares en los tejidos parenquimáticos y causan ensanchamiento y degradación de la pared celular y muerte de las células.

La producción de toxinas por parte del hongo. Productos no enzimáticos de bajo peso molecular que interfieren en el metabolismo de la planta o que afectan a la estructura normal del protoplasma. Las toxinas pueden pertenecer a dos categorías diferentes: toxinas huésped-específicas, que son aquellas que muestran la misma especificidad que el patógeno que las produce, y toxinas huésped-no específicas, cuando la gama de plantas sobre las cuales pueden ocasionar fitotoxicidad no está relacionada con las plantas susceptibles al patógeno, causando síntomas inespecíficos.

La producción y liberación de compuestos hormonales, antihormonales y otros. Estos producen una interferencia en el control normal del crecimiento y desarrollo. Así, se ha observado que en muchos de los síntomas que resultan de la patogénesis provocada por hongos (enanismo, elongación, proliferación celular, etc.) son parecidos a los que se asocian con desarreglos hormonales.

La interferencia mecánica. Esta provoca el crecimiento del hongo en el movimiento normal del agua, nutrientes y metabolitos (Rivera y Codina, s.f. p. 1).

4.3 Consecuencia de las enfermedades causadas por hongos fitopatógenos

La economía mundial sufre pérdidas considerables debido a los microorganismos y los hongos son los principales agentes fitopatógenos, esto se debe a aspectos que tienen que ver con la cantidad de hongos y con la capacidad de estos para sobrevivir:

Cantidad. Existen unas 100.000 especies de hongos, de las cuales unas 8.000 son especies fitopatógenas y causan aproximadamente 80.000 enfermedades. De royas solamente se conocen 6.000 especies. Por su número y especies fitopatógenas, los hongos constituyen el grupo más numeroso de microorganismos.

Capacidad de sobrevivencia. Hay algunos hongos como *Sclerotinia sclerotiorum*, *Sclerotium rolfsii* y *Rhizoctonia solani* que producen esclerócios cuya longevidad puede ser de 10 ó más años. Parásitos facultativos como *Fusarium oxysporum* t. sp. y *cubense* y *Synchytrium endobioticum*, pueden sobrevivir por más de 40 años en tejido descompuesto. *Fusarium* forma clamidosporas y *Synchytrium* forma esporangios, ambos constituyen estructuras de sobrevivencia (Castaño, 1994).

4.4 Síntomas de enfermedades causadas por hongos en plantas

Las enfermedades causadas por hongos producen en sus hospederos una amplia variedad de síntomas. Los hongos que producen enfermedades en las plantas constituyen un grupo diverso de hongos fitopatógenos y pueden producir manchas cloróticas y necróticas, cribados, canchales, tizones, podredumbres húmedas o secas, momias, agallas, abolladuras, costras, ahogamientos, marchitamientos y pústulas (Urbina, 2011, p. 3).

Las enfermedades en tejido vegetal producidas por hongos fitopatógenos pueden clasificarse, de acuerdo con Castaño (1994), con algunas modificaciones, en micosis producidas por hongos inferiores (Phycomycetes y Zygomycetes) y micosis producidas por hongos superiores (Ascomycetes, Basidiomycetes y Deuteromycetes) (Tabla 10).

Tabla 10.

Principales enfermedades que causan los hongos fitopatógenos inferiores y superiores en plantas.

| Micosis | Hongos inferiores | Hongos superiores |
|---------------------------------|-------------------|-------------------|
| Antracnosis | | ✓ |
| Cancros | | ✓ |
| Carbones | | ✓ |
| Deformación de tejidos | | ✓ |
| Fumaginas | | ✓ |
| Mal del talluelo | ✓ | ✓ |
| Manchas y pudriciones de frutos | | ✓ |
| Manchas y tizones foliares | | ✓ |
| Marchitamientos vasculares | | ✓ |
| Mildius lanosos | ✓ | ✓ |
| Mildius polvosos | | ✓ |
| Pudriciones blandas | ✓ | ✓ |
| Pudriciones de madera | | ✓ |
| Pudriciones de tallos y raíces | | ✓ |
| Sarnas | ✓ | ✓ |

Fuente: Castaño, 1994 (con ajustes).

Agrios (1995) y Sánchez et al. (2000) clasifican las enfermedades producidas por las diferentes clases y géneros de hongos fitopatógenos y se relacionan en la Tabla 11.

Tabla 11.

Enfermedades producidas por los diferentes géneros y especies de hongos fitopatógenos.

| CLASE | GÉNEROS DE HONGOS | ENFERMEDAD |
|---|---|---|
| Myxomicetes (Son mucilaginosos) | <i>Fuligo</i> <i>Mucilago</i> <i>Physarum</i> | Producen mohos mucilaginosos en plantas de poca altura. |
| Plasmodiophoromycetes (Produce zoosporas) | <i>Plasmodiophora brassicae</i> | Hernia de la col. |
| | <i>Spongospora subterranea</i> | Sarna pulverulenta de la papa. |
| Chytridiomycetes (Acuáticos) | <i>Synchytrium endobioticum</i> | Sarna verrugosa de la papa. |

| | | |
|--|--|--|
| <p>Oomycetes</p> <p>(Presentan oogonio, que contiene los gametos femeninos)</p> | <i>Albugo candida</i> | Roya blanca de las crucíferas. |
| | <i>Albugo portulacaeae</i> | Roya blanca verdolaga. |
| | <i>Albugo. blitti</i> | Roya blanca amarantaceae. |
| | <i>Phytophthora infestans</i> | Gota de papa y tomate. |
| | <i>Phytophthora cinnamomi</i> | Pudriciones de raíces, piña, aguacate, cítricos. |
| | <i>Phytophthora citrophthora</i> | Gomosis cítrica. |
| | <i>Phytophthora parasitica</i> | Gomosis cítrica, pudrición raíz piña, papayo, tabaco. |
| | <i>Phytophthora megasperma</i> | Pudrición raíces de soya. |
| | <i>Phytophthora nicotianae</i> var. <i>Parasitica</i> | Pudrición fruto y tallo de piña, raíz papaya. |
| | <i>Phytophthora palmivora</i> | Pudrición mazorca cacao. |
| | <i>Peronospora manshurica</i> | Mildeo veloso de la soya. |
| | <i>Peronospora destructor</i> | Mildeo veloso de la cebolla. |
| | <i>Peronospora dianthicola</i> | Mildeo veloso clavel. |
| | <i>Peronospora parasitica</i> | Mildeo veloso repollo. |
| | <i>Peronospora efusa</i> | Mildeo veloso espinaca. |
| | <i>Peronospora farinosa</i> | Mildeo veloso remolacha. |
| | <i>Pseudoperonospora cubensis</i> | Mildeo veloso melón, sandía, pepino. |
| | <i>Plasmopara vitícola</i> | Mildeo veloso vid. |
| <i>Plasmopara halstedii</i> | Mildeo veloso girasol. | |
| <i>Plasmopara nivea</i> | Mildeo veloso zanahoria. | |
| <i>Bremia lactucae</i> | Mildeo veloso lechuga. | |
| <p>Zygomycetes</p> <p>(Forman zygosporas con gruesas paredes, de origen sexual)</p> | <i>Rhizopus stolonifer</i> | Moho negro del pan, utilizado industrialmente para producir ácido fumárico. Moho negro de frutas, cápsulas de algodón, sorgo y maíz. |
| | <i>Rhizopus oryzae</i> | Utilizado industrialmente para producir alcohol, ácidos lácticos, cítrico, succínico y oxálico. |
| | <i>Mucor spp.</i> | Pudrición en algunos frutos en poscosecha. |
| <p>Hemiascomycetes</p> <p>(Unicelulares, se reproducen por gemación)</p> | <i>Saccharomyces cerevisiae</i> | La levadura del pan. |
| | <i>Taphrina</i> | Verrucosis de las hojas del durazno. Abolsamiento del ciruelo. Verruga foliar del roble. |

| | | |
|---|---|--|
| Pyrenomycetes (Son ascomicetos) | <i>Erysiphe</i> | Cenicilla de las gramíneas, cucurbitáceas, etc. |
| | <i>Microsphaera</i> | Cenicilla de lila. |
| | <i>Podosphaera</i> | Cenicilla del manzano. |
| | <i>Sphaerotheca</i> | Cenicilla del rosal y del durazno. |
| | <i>Uncinula</i> | Cenicilla de la vid. |
| Loculoascomycetes (Produce ascas bitunicadas) | <i>Capnodium</i> | Fumaginas. |
| | <i>Didymella</i> | Manchas foliares de muchas plantas. |
| | <i>Guignardia</i> | Pudrición negra de las uvas. |
| | <i>Microcyclus</i> | Mancha foliar de los árboles de caucho |
| | <i>Plowrightia</i> | Lagartija de los cerezos y ciruelos. |
| | <i>Cochliobolus</i> | Manchas foliares y pudriciones de raíz de los cultivos productores de granos. |
| | <i>Gaeumannomyces</i> | Pietín del trigo. |
| | <i>Pyrenophora</i> | Manchas foliares de los cereales y gramíneas. |
| | <i>Venturia</i> | Roña del manzano. |
| Coelomycetes (Micelio abundante y conidióforos agrupados) | <i>Ascochyta</i> | Tizón del chícaro |
| | <i>Coniothyrium</i> | Tizón del tallo de la frambuesa. |
| | <i>Cytospora</i> | Cancrosis del durazno y otros árboles. |
| | <i>Diplodia</i> | Pudrición del tallo y de la mazorca del maíz. |
| | <i>Phoma</i> | Pierna negra de las crucíferas. |
| | <i>Phomosis</i> | Tizón y cancrrosis del tallo de varios árboles. |
| | <i>Phyllosticta</i> | Manchas foliares de muchas plantas. |
| | <i>Septoria</i> | Tizón tardío del apio. |
| | <i>Coryneum</i> | Tiro de munición de los frutos de hueso. |
| | <i>Cylindrosporium</i> | Manchas foliares en muchas clases de plantas. |
| | <i>Gloeosporium (parecido a Colletotrichum)</i> | Antracnosis en muchas plantas. |
| | <i>Marssonina</i> | Tizón de las hojas y ramas del álamo, quemadura foliar de la fresa y antracnosis de los nogales. |
| | <i>Sphaceloma</i> | Antracnosis de la vid y de la frambuesa, sarna de los cítricos y del aguacate. |

| | | |
|--|---|--|
| Hyphomycetes (Con estructuras reproductivas asexuales sin tejido envolvente) | <i>Alternaria</i> | Manchas foliares y tizones en muchas plantas. |
| | <i>Aspergillus</i> | Pudrición de los granos almacenados. |
| | <i>Bipolares</i> | Manchas foliares, pudriciones de la raíz y tizones de los cereales o pastos. |
| | <i>Botrytis</i> | Moho gris y los tizones de muchas plantas. Tizón temprano del apio. |
| | <i>Cercospora Fulvia</i> | Moho foliar del tomate. |
| | <i>Fusarium</i> | Marchitez y la pudrición de la raíz de muchas plantas anuales, cancosis de los árboles forestales. |
| | <i>Geotrichum</i> | Pudrición ácida de frutos y hortalizas. |
| | <i>Graphium</i> | Enfermedad del olmo holandés |
| | <i>Penicillium</i> | Pudrición de los frutos y otros órganos carnosos debido a los mohos azules. |
| | <i>Phymatotrichum</i> | Pudrición de la raíz del algodón y otras plantas. |
| | <i>Pyricularia</i> | Tiro de munición del arroz y la mancha foliar gris de los pastos. |
| | <i>Spilocaea (Venturia es una etapa sexual)</i> | Roña del manzano. |
| | <i>Strumella</i> | Cancrosis del roble. |
| | <i>Thielaviopsis</i> | Pudrición negra de la raíz del tabaco. |
| <i>Trichoderma</i> | Antagonista de hongos fitopatógenos. | |
| <i>Verticillium</i> | Marchitez de muchas plantas anuales y perennes. | |
| Agonomycetes (No producen esporas) | <i>Rhizoctonia (su etapa sexual o perfecta corresponde a Thanatephorus)</i> | Pudrición de la raíz y de la corona de las plantas anuales y la mancha parda de los pastos. |
| | <i>Sclerotium (su etapa sexual o perfecta corresponde a Aethalia)</i> | Pudriciones de la raíz y del tallo de muchas plantas. |
| Hemibasidiomycetes (Producen carbonos y royas) | <i>Cronartium</i> | Roya del tallo de los pinos. |
| | <i>Gymnosporangium</i> | Roya del manzano y cedro. |
| | <i>Melampsora</i> | Roya del lino. |
| | <i>Phragmidium</i> | Roya del rosál. |
| | <i>Puccinia</i> | Roya de los cereales y otras plantas. |
| | <i>Uromyces</i> | Royal del frijol. |

| | | |
|--|---|---|
| Hymenomyces (Son basidiomicetos) | <i>Aethalia</i> | Pudriciones de la raíz y del tallo de plantas. |
| | <i>Corticium</i> | Filamento rojo de los pastos. |
| | <i>Heterobasidium</i> | Pudrición del corazón de muchos árboles. |
| | <i>Lenzites</i> | Pudrición café, coníferas y la descomposición de los productos de madera. |
| | <i>Peniophora</i> | Descomposición del tronco y de la madera de pulpa de las coníferas. |
| | <i>Polyborus</i> | Pudriciones de tallo y raíz de muchos árboles. |
| | <i>Schizophyllum</i> | Pudrición blanca de los árboles forestales deciduos. |
| | <i>Stereum</i> | Descomposición de madera y enfermedad de la hoja plateada de los árboles. |
| | <i>Thanatephorus</i> | Pudriciones del tallo y otras raíces. |
| | <i>Typhula</i> | Moho nevado o tizón de los pastos. |
| | <i>Armillaria</i> | Pudrición de la raíz de árboles frutales y forestales. |
| | <i>Marasmius</i> | Anillo de hadas de los pastos. |
| | <i>Pholiota</i> | Pudrición café de la madera de árboles forestales deciduos. |
| <i>Pleurotus</i> | Pudrición blanca de muchos árboles forestales deciduos. | |

Las enfermedades involucran una progresión de síntomas que pueden variar significativamente y es una de las características más importantes asociadas con problemas causados por agentes bióticos. Las enfermedades pueden presentar síntomas primarios y secundarios. Por ejemplo, la pudrición de raíces de un árbol puede ser un síntoma primario mientras que la caída del árbol es un síntoma secundario. Invasores secundarios también pueden enmascarar a los síntomas originales en las etapas finales de la enfermedad. De esta manera, los síntomas observados en las etapas finales no siempre son los síntomas típicos manifestados en respuesta al patógeno inicial (Riley et al., 2002, p. 1). En la Figura 116 se observan enfermedades producidas por hongos en tejido vegetal.



A



B



C



D



E



F



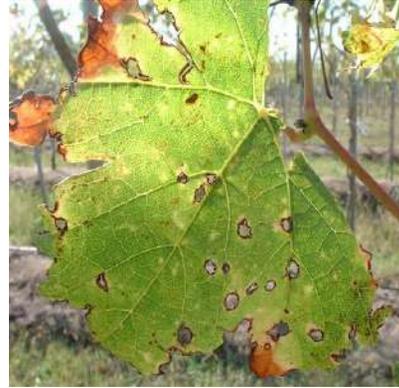
G



H



I



J



K



L



M

Figura 127. Enfermedades producidas por los hongos en las plantas.

Fuente: A, D, E: Mondino, 2002 · C, G, M: Montoya, 2016 · H: Pérez y Forbes, 2008 · I: Schuster, 2017 · J: <http://pv.fagro.fito.edu.uy/fitopato/cursos/fitopato/practicas/sintomas hongos.html> · K: Mayfield III et al., s.f. · L: <http://suboimages.inforjardin.com/subire/images753678d6982d89.jpg>, 2014

- A. Podredumbre morena.
- B. Mancha necrótica
- C. Momias
- D. Sarna
- E. Abolladuras
- F. Manchas cloróticas
- G. Carbón
- H. Tizones
- I. Agallas
- J. Cribado
- K. Marchitez
- L. Pústulas
- M. Pudrición

4.5 Diagnóstico de enfermedades en plantas

No hay una serie de preguntas o técnicas que se puedan utilizar por sí solo para diagnosticar las enfermedades de las plantas. La experiencia y la práctica son las mejores maneras de aprender. Lo más fácil es diagnosticar los problemas a través de una inspección visual en

el mismo sitio donde crece la planta. De esta manera, a veces se notan influencias sutiles del sitio, ambiente o prácticas de cultivo que facilitan la identificación. El diagnóstico es más difícil cuando se examina una parte de la planta, la cual quizás no indique el problema verdadero (Pscheidt, 2003, p. 8).

Hay muchos factores que influyen el desarrollo de enfermedades. Sin embargo, las enfermedades no pueden ocurrir a menos que estén presentes los siguientes elementos: una planta susceptible, un patógeno y un ambiente favorable. Algunas enfermedades no ocurren si no hay un vector que las transmita. El diagnóstico de enfermedades no puede hacerse basándose solamente en los síntomas, aunque pueden hacerse algunas generalizaciones. Los síntomas causados por agentes infecciosos (entre ellos los hongos) y no infecciosos (deficiencias nutricionales, toxicidades, exceso o escasez de agua, contaminantes ambientales, acidez o alcalinidad del suelo) son similares. Un diagnóstico preciso solo puede hacerse luego de evaluar la planta afectada por observación directa o cultivar los patógenos en medios específicos (Almodóvar, 2008, p. 3).

Hay muchas enfermedades fungosas en las que es imposible identificar al patógeno que ya se encuentra mezclado con uno o más contaminantes, porque aún no ha producido sus cuerpos fructíferos característicos y esporas, debido a que una misma enfermedad puede deberse ya sea a uno o varios patógenos morfológicamente semejantes o tal vez a algún factor del ambiente, o bien a que la enfermedad es causada por un nuevo patógeno hasta ese momento desconocido, el cual debe aislarse y estudiarse. Como es habitual, los patógenos de enfermedades desconocidas deben aislarse de los tejidos enfermos de una planta a fin de que se pueda llevar a cabo un estudio de sus características, hábitos, etc. (Agrios, 1995, p. 285).

4.6 Hongos fitopatógenos inferiores

Los hongos fitopatógenos inferiores tienen “la fase somática acelular, capaz de desplazamiento, es definitivamente animal en su estructura y en su fisiología; sin embargo, las estructuras reproductoras son de tipo vegetal, ya que hay esporas cubiertas por paredes definidas que probablemente contienen celulosa” (Alexopoulos, 1979, p. 65).

Son hongos:

Cuyo soma o cuerpo vegetativo es un plasmodio o masa amiboidea, solo un grupo de estos hongos producen enfermedades en las plantas al desarrollarse simplemente sobre la superficie de las hojas, tallos y frutos sin que parasite a la planta. Su plasmodio se mueve lentamente como una amiba y se alimenta de materia orgánica en descomposición, así como de organismos como las bacterias, a las cuales simplemente engulle y digiere (Agrios, 2005, p. 293).

Estos hongos viven en los bosques en lugares húmedos, frescos, sobre troncos en descomposición, hojas muertas y otras sustancias orgánicas capaces de mantener abundante humedad. Pocas especies se presentan en espacios abiertos, sobre la vegetación, aunque los hay que crecen llamativamente sobre el césped de los parques en las ciudades. Algunos se desarrollan sobre trozos de corteza que, procedentes de árboles vivos, se colocan por unos pocos días en cámara húmeda (Alexopoulos, 1979, p. 66).

Este grupo de hongos inferiores también incluye algunos que forman un micelio, no un plasmodio; el soma es un talo redondeado u ovalado o un micelio alargado que carece de paredes transversales (septos) y produce zoosporas. También:

Incluye hongos que carecen de un micelio verdadero y constan en su mayor parte, de un rizomicelio irregular o redondeado que vive completamente en el interior de las células de su hospedante; cuando llega la madurez el soma vegetativo se transforma en una o muchas esporas latentes de pared gruesa o en esporangios; además, otros hongos tienen un micelio alargado y bien desarrollado, producen zoosporas en zoosporangios y sus esporas latentes son las zoosporas que se forman por la fusión de los gametos morfológicamente distintos. Son hongos acuáticos o terrestres. Dado que producen zoosporas, todos ellos requieren (o son favorecidos) ya sea gran cantidad de agua o una película acuosa en el suelo o sobre la superficie de la planta (Agrios, 2005, p. 302).

En la Tabla 12 se describen características morfológicas (características microscópicas) de algunos hongos fitopatógenos inferiores.

Tabla 12.

Características morfológicas (características microscópicas) de algunos hongos fitopatógenos inferiores.

| Hongo fitopatógeno | Características microscópicas |
|-----------------------|--|
| <i>Phyisarum spp.</i> | Sin micelio, endobiótico, con un plasmodio (multinucleado) suelto, no compacto dentro de la célula de la planta y se transforma en esporas de reposo agrupadas en masas esponjosas coloreadas (Pardo, 1995). Cuando el alimento escasea, la masa se transforma en cuerpos esporulados negros dentro de los cuales se forman las esporas (Audersik y Audersik, 1997). |
| <i>Pythium spp.</i> | "Produce un micelio blanco, filamentosos, profusamente ramificado y de rápido crecimiento, dicho micelio produce esporangios terminales o que pueden ser de forma esférica, filamentosos o de cualquier otra. Los esporangios germinan directamente y producen de uno a varios tubos germinales, o bien forman una hifa corta en el extremo de la cual se forma una vesícula. El protoplasma se difunde desde el esporangio hacia la vesícula y allí forma más de 100 zoosporas. Cuando las zoosporas son liberadas nadan en el agua durante unos minutos, entran en reposo, se enquistan al envolverse en una cubierta protectora y germinan al producir un tubo germinal" (Escobar, 2001, p. 5). |

| | |
|-----------------------------------|---|
| <i>Plasmodiophora</i> pp. | Sin micelio, endobiótico, con un plasmodio suelto, no compacto dentro de la célula de la planta y se transforman en esporas de reposo agrupadas en masas esponjosas coloreadas (Pardo, 1995). |
| <i>Synchytrium</i> spp. | Talo que evoluciona en esporangio endófito, zoosporas ovales o piriformes con un flagelo posterior. Los zigosporangios son cuerpos esféricos de 50-70 μm de diámetro, café-amarillentos, de un contenido hialino y granuloso, con una capa externa gruesa, elástica y coloreada y otra interna más delgada e hialina, estas esporas son latentes por meses o años. Al germinar, la masa interna del esporangio se organiza y forma zoosporas, esféricas u ovales, con un largo flagelo flexuoso, que penetran las células del hospedante donde se forman los soros, los cuales forman zoosporas que al ser liberadas pueden reinfectar el tejido vegetal (Pardo, 1995). |
| <i>Albugo</i> spp. | Esporangióforos cortos, gruesos, claviformes, que llevan en su extremo esporangios en cadena. Oosporas formadas profundamente en el parénquima cortical, esféricas u ovoides, con pared gruesa y crestas irregulares y sinuosas (Pardo, 1995). |
| <i>Cytospora</i> spp. | Picnidios superficiales, tubulares, globoso, cavidades irregulares, separados incompletamente, conidióforos delgados, conidias hialinas de una célula elongada. Parásito o saprofito en la madera, en su mayor parte de estado imperfecto (Barnett y Hunter, 1972). |
| <i>Septoria</i> spp. | Picnidios oscuros, separados, globosos, ostiolados; conidióforos cortos, conidias hialinas de poco elongadas a filiformes, con varios septos (Barnett y Hunter, 1972). |
| <i>Phymatotrichum</i> spp. | Conidióforos demasiado cortos, ensanchados, simples o ramificados, conidia hialina de una célula, globosa u ovoide (Barnett y Hunter, 1972). |

En las Figuras 128-133, se determinan las características morfológicas (características macroscópicas, características microscópicas), patología y la forma de identificar algunos hongos inferiores:

- *Phytophthora* spp.
- *Pythium* spp.
- *Peronospora* spp.
- *Mucor* spp.
- *Rhizopus* spp.

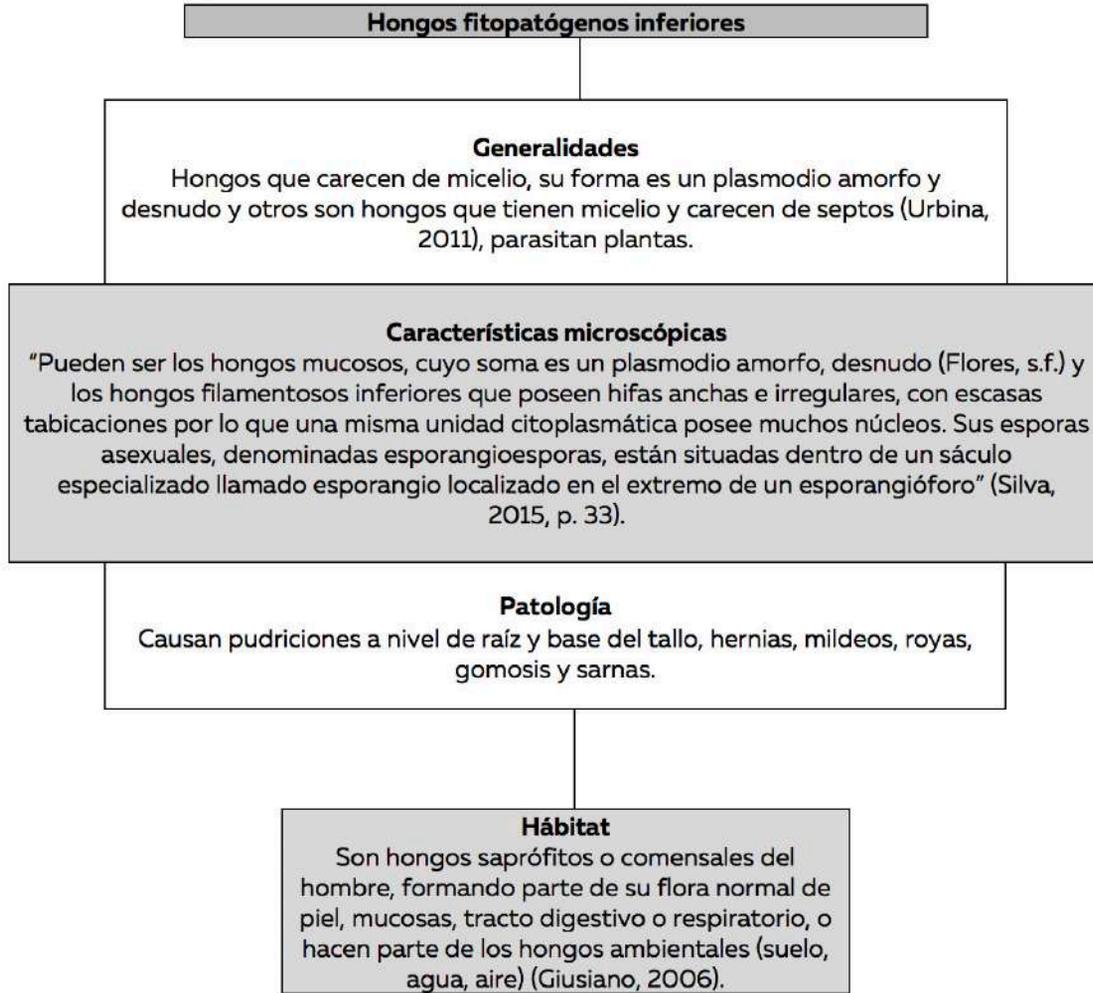


Figura 128. Hongos fitopatógenos inferiores.

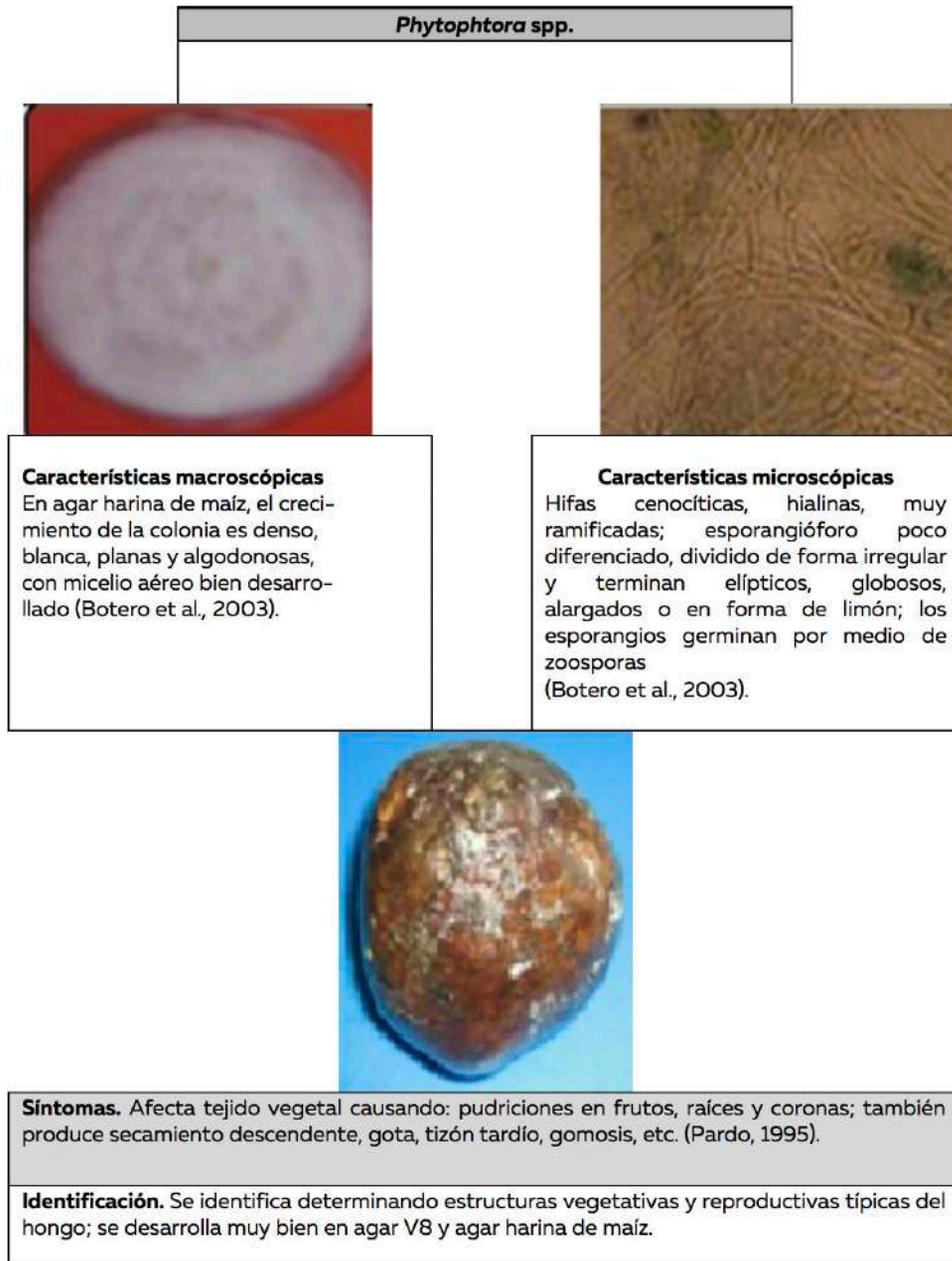


Figura 129. *Phytophthora* spp.
Fuente: Características macroscópicas: Botero et al., 2013

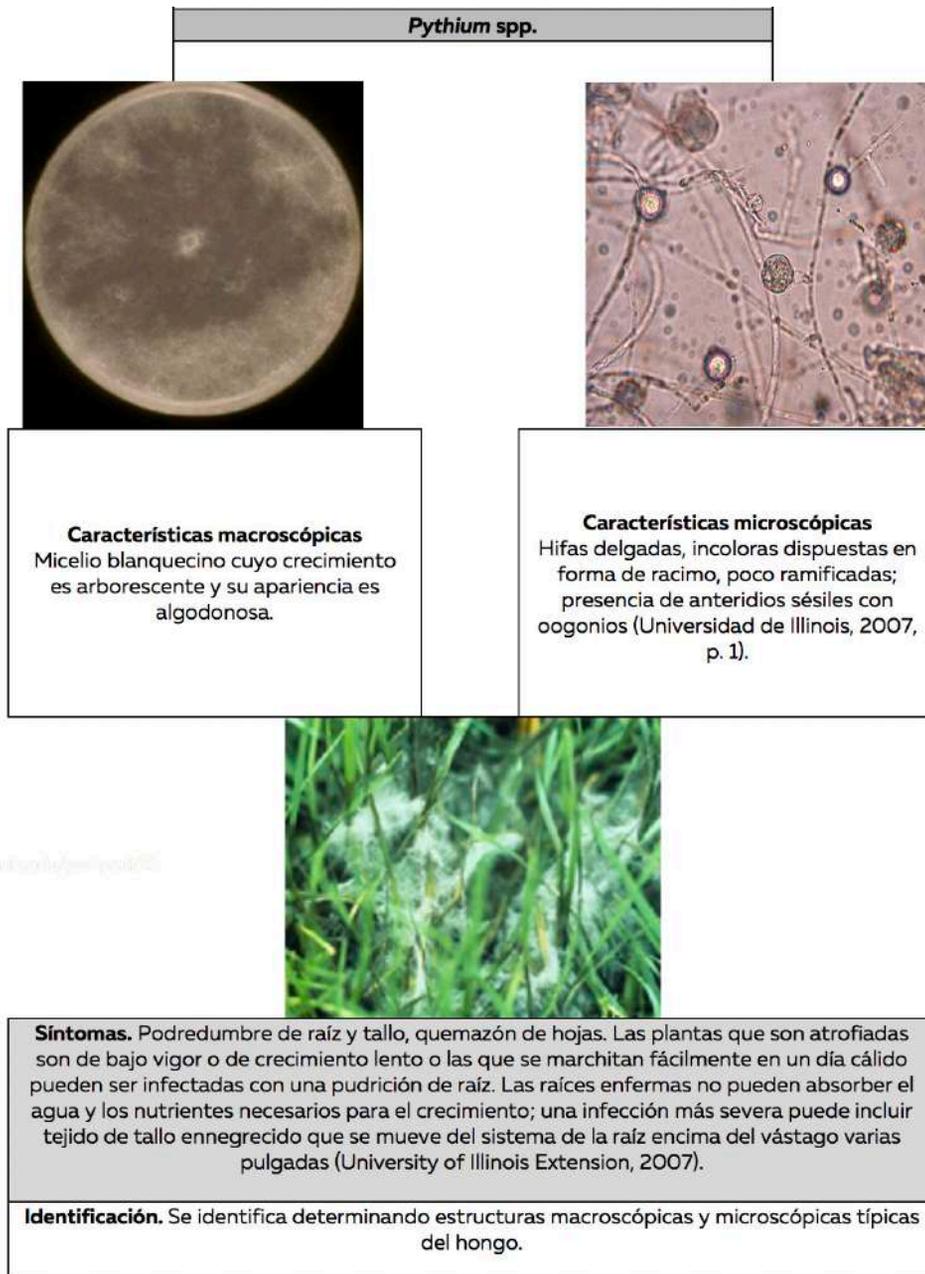


Figura 130. *Pythium* spp.
Fuente: Características macroscópicas: Ruark, 2007
Características microscópicas: Dorancé et al., 2004
Síntomas: Allen et al., 2004

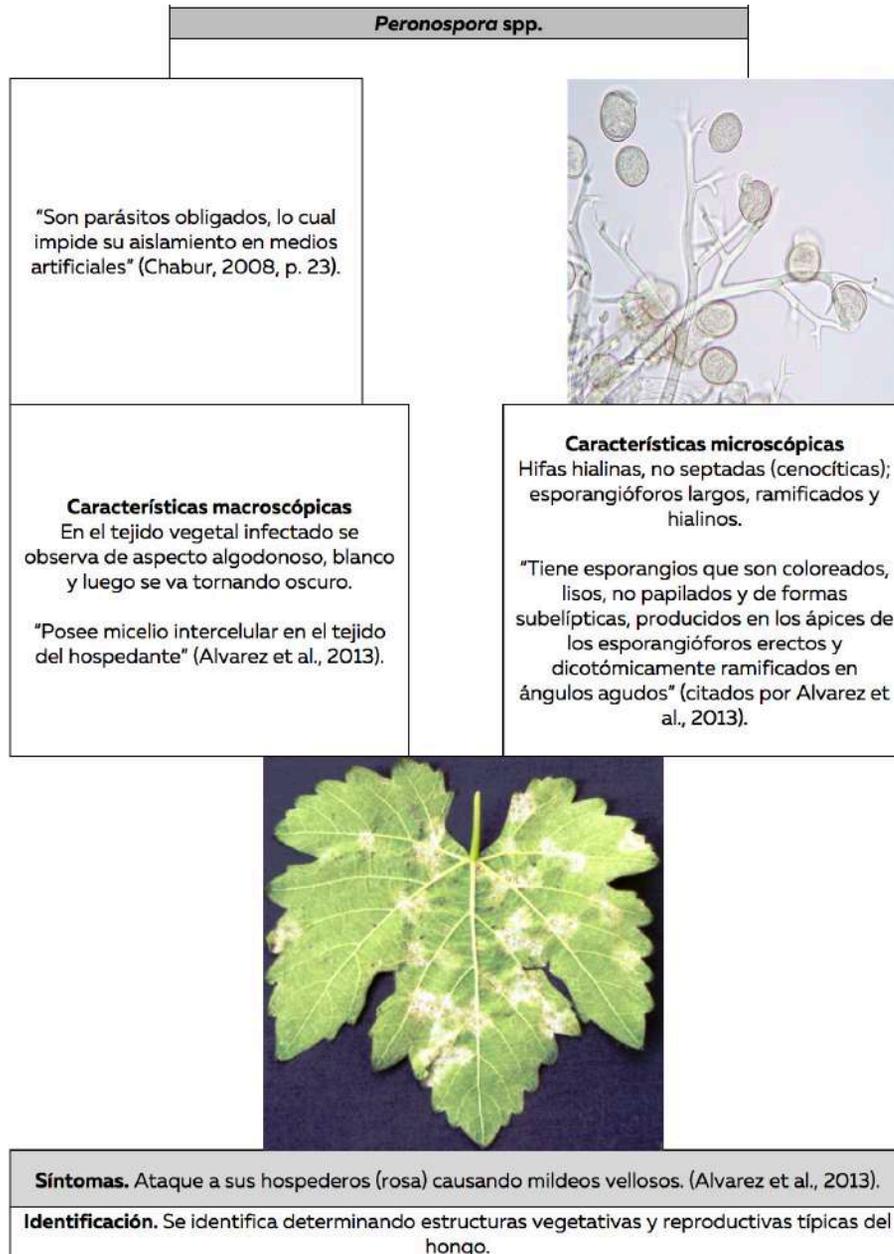


Figura 131. *Peronospora* spp.
Fuente: Características microscópicas: Storey, 2011
Síntomas: Catania y Troilo, 2012

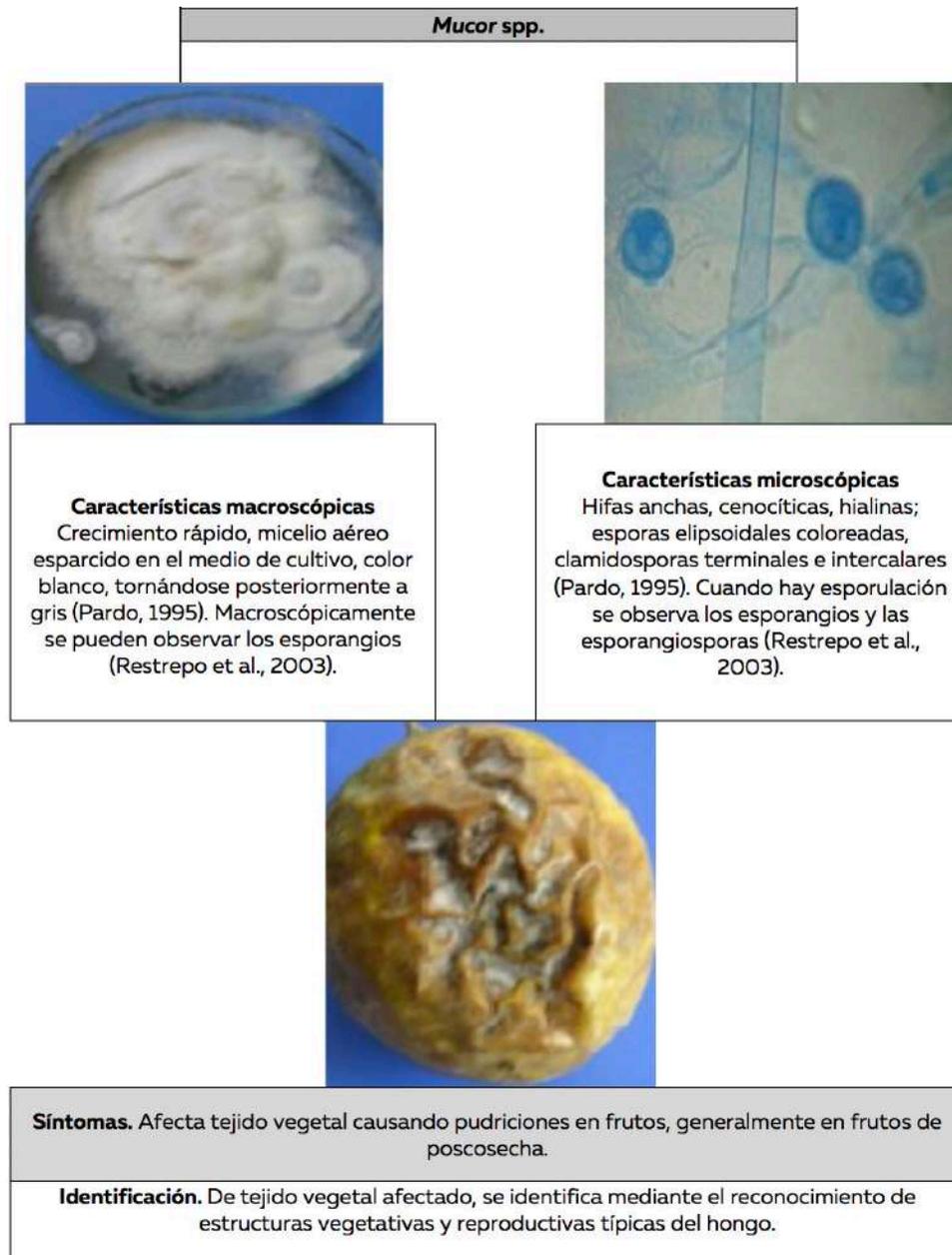
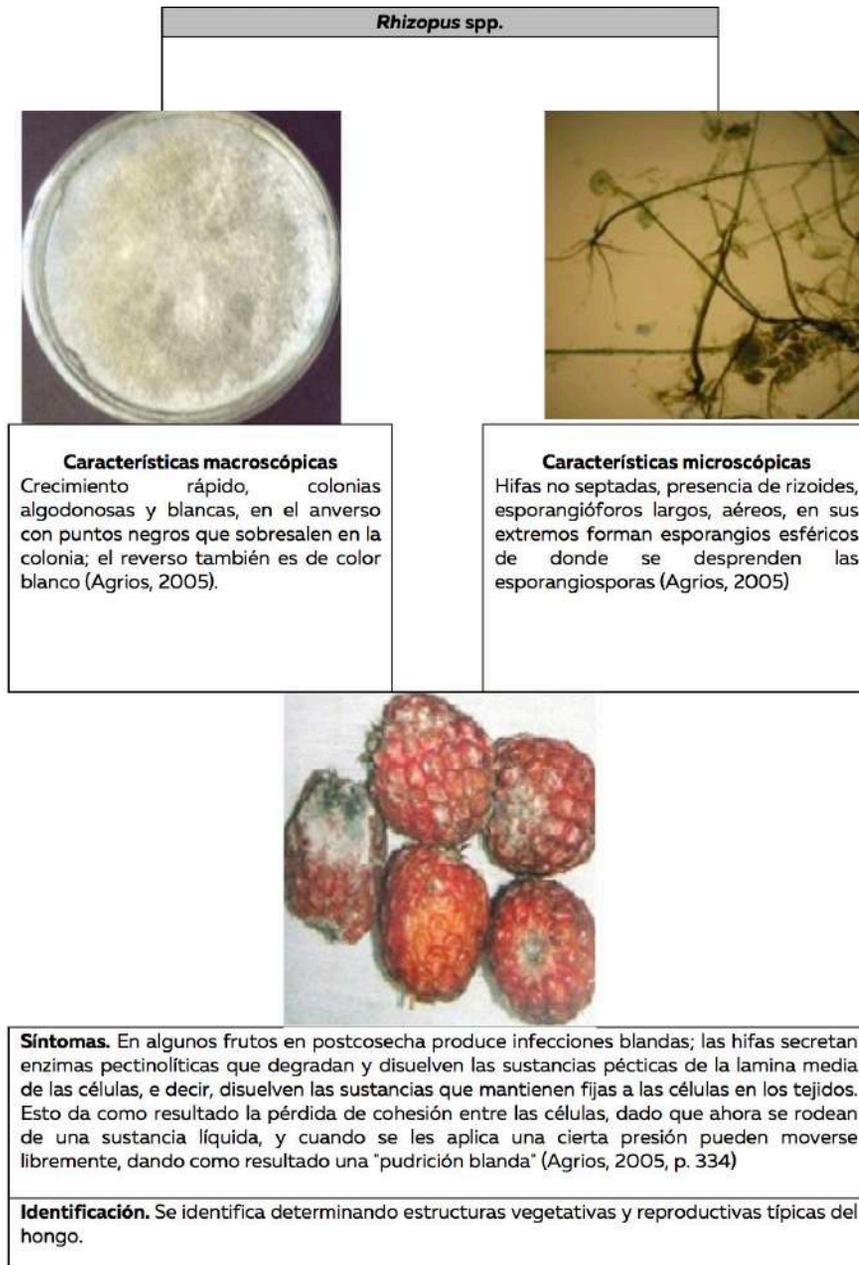


Figura 132. *Mucor* spp.

Figura 133. *Rhizopus* spp.

4.7 Hongos fitopatógenos superiores

“Los hongos fitopatógenos superiores son hongos evolucionados, como lo demuestra su compleja estructura; posiblemente deriven de los hongos inferiores, aunque algunos micólogos consideran que han tenido orígenes independientes” (Alexopoulos, 1979, p. 219).

Incluye hongos: ascomicetos, basidiomicetos, imperfectos (Deuteromicetos) y levaduriformes. La mayoría de estos hongos forman un micelio haploide que posee septos, ambos producen conidios en tipos idénticos de conidióforos o cuerpos fructíferos y ocasionan enfermedades en las plantas. La única diferencia entre ellos es que los ascomicetos y basidiomicetos producen, con frecuencia o raras veces, esporas sexuales (ascosporas y basidiosporas). Sin embargo, en la mayoría de los ascomicetos, las esporas rara vez se observan en la naturaleza y al parecer tienen poca o ninguna importancia en la supervivencia del hongo y en su capacidad de causar enfermedades en las plantas. Los hongos imperfectos o Deuteromicetos son en realidad hongos que perdieron la necesidad o bien la capacidad de producir su etapa sexual (Agrios, 2005, p. 337).

Los Ascomicetos son hongos en forma de saco que: producen un micelio que posee septos, esporas sexuales (ascosporas), dentro de un saco (asca), esporas asexuales (conidios). Al asca o etapa sexual de los ascomicetos se le denomina con frecuencia la fase perfecta o *teleomorfa*, mientras que la fase asexual o conidial es la etapa imperfecta o *anamorfa* (Agrios, 1995, p. 337) (Figura 122).

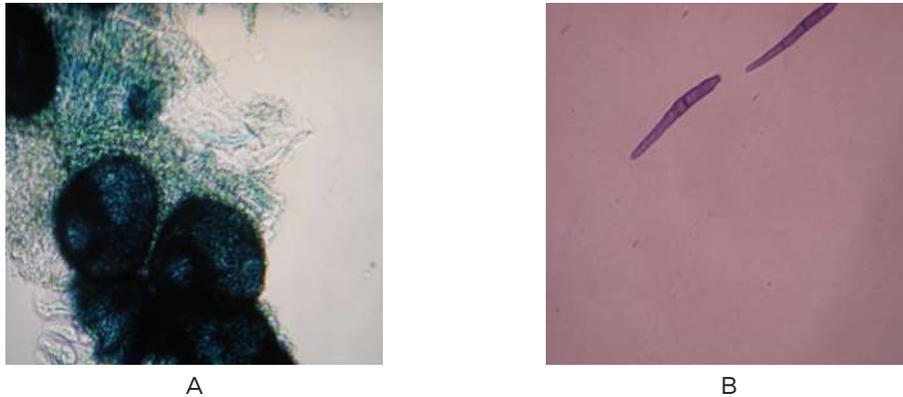


Figura 134. Etapa sexual y asexual de los hongos Ascomicetos.

- A. Ascosporas de un hongo Ascomiceto, con reproducción sexual.
- B. Conidia de un hongo Ascomiceto, con reproducción asexual.

La mayoría de los hongos fitopatógenos ascomicetos, sobreviven sobre la estación de crecimiento en forma de micelio; se reproduce y ocasiona la mayoría de las infecciones en su fase conidial o asexual. La etapa sexual o denominada también etapa perfecta se forma cuando ha disminuido el alimento de la planta (Agrios, 1995, p. 337).

Se identifican por las características de sus: ascoarpos, ascas, ascosporas, y cuando solamente producen conidios, por las características que ellos poseen.

Los Basidiomicetos producen basidiosporas o esporidios, que se forman externamente sobre una estructura denominada basidio. Las basidiosporas son generalmente unicelulares y haploides. Como las ascosporas son el resultado de plasmogamia, cariogamia y meiosis, estos dos últimos procesos se realizan en el basidio. En cada basidio se produce un número determinado de basidiosporas, generalmente cuatro (Alexopoulos, 1979, p. 433). Se identifican por las siguientes características:

- Micelio bien desarrollado de hifas septadas, pueden aparecer formas levaduriformes.
- Fase dicariótica de larga duración.
- Producen meiósporas: basidiosporas en basidios, unicelulares haploides o a veces binucleados.
- Basidiósporas originadas como resultado de plasmogamia, cariogamia y meiosis: 4 basidiosporas, homólogas o ascósporas.
- Basidiósporas originadas como resultado
- Pueden desarrollarse cuerpos fructíferos o basidiocarpos de tamaño importante.
- Su origen se piensa que es a partir de ascomicetos (Mycokey MMI, 2014).

Los Deuteromicetos conocidos también como hongos imperfectos, son hongos:

Tabicados que no se les ha descubierto otro medio de reproducción que los conidios, dado que carecen de fase asexual: muchos de ellos son saprobios, pero hay muchos otros de gran importancia porque, siendo parásitos, causan enfermedades en las plantas, en los animales y en el hombre (Alexopoulos, 1979, p. 392).

Las Levaduras:

Son organismos unicelulares; poseen una pared celular definida que entre otros compuestos posee quitina y un núcleo visible, pero pequeño, rodeado de citoplasma, una gran vacuola ocupa gran parte de la célula; en el citoplasma hay otras inclusiones. Las levaduras varían en forma según la especie y aun dentro de la misma especie. A veces se adhieren en cadenas para formar un pseudomicelio. Son células que parecen incoloras, pero cuando se las cultiva en medios artificiales sólidos producen colonias que pueden ser blancas o de color crema

o estar teñidas con pigmentos castaños. Las colonias de algunas levaduras imperfectas tienen colores vivos (Alexopoulos, 1979, p. 251-252)

En la Tabla 13 se describen características morfológicas (características microscópicas) típicas de varios hongos fitopatógenos superiores.

Tabla 13.

Características morfológicas (microscópicas) de algunos hongos fitopatógenos superiores.

| Hongo fitopatógeno | Características microscópicas |
|---------------------------|---|
| <i>Taphrina spp.</i> | Ascas desnudas, sin ascocarpo, formadas a partir de células ascógenas binucleadas sobre la superficie del hospedero; ascosporas en número de cuatro a ocho, clavadas o cilíndricas; micelio anual o perenne. Metabiótrofo (Pardo, 1995). |
| <i>Ascochyta spp.</i> | Presencia de picnidios oscuros, globosos, inmersos en el tejido del hospedero, ostiolados. Conidias hialinas, bicelulares, de ovoides a oblongas. Parásitos de plantas que causan especialmente Manchas foliares (Pardo, 1995). |
| <i>Pyricularia spp.</i> | Micelio inmerso con formación ocasional de clamidosporas en cultivo; conidióforos diferenciados, cilíndricos de pared delgada que usualmente emergen solos o en pequeños grupos a través de la estoma, por lo general no ramificados, rectos o flexuosos, geniculados hacia el ápice, café-pálidos, lisos; células conidiogénicas simpodiales, cilíndricas, geniculadas, denticuladas. Conidias individuales, acropleurógenas, simples de hialinas a café-oliváceas, de 1-3 septos. Hilum protuberante (Pardo, 1995). |
| <i>Diplodia spp.</i> | Hifas hialinas, septadas. Conidios castaños bicelulares, elipsoidales u ovoides, grandes. Picnidios oscuros individuales, inmersos, eruptivos, ostiolados. Conidióforos cilíndricos simples (Alexopoulos, 1979, Pardo, 1995). |
| <i>Schizophyllum spp.</i> | Proliferación de basidiocarpos para permitir la división de las lamelas (Botero et al., 2003). |
| <i>Sclerotinia spp.</i> | "Hifas blancas en sus estados iniciales; más tarde el micelio se va compactando y toma un aspecto marrón o negro para formar los esclerocios, los cuales son de principal importancia en la supervivencia y epidemiología del hongo" (Hoyos et al., 2008, p. 78). "Su ciclo de vida consta de una fase asexual, con la principal función de dispersar la enfermedad, y una fase sexual. En la etapa asexual, bajo condiciones de elevada humedad y moderada temperatura, los esclerocios germinan y se produce un micelio de aspecto algodonoso. Este penetra en las plantas generalmente a la altura del suelo, a través de heridas o aperturas. El hongo se desarrolla sobre la planta infectada y produce nuevos esclerocios, que caen fácilmente al suelo, comenzando otra vez el ciclo. Los esclerocios, constituidos por una masa de hifas, tienen la capacidad de permanecer viables en el suelo varios años y son el principal modo de propagación de la enfermedad" (Aguaysol et al., 2014, p. 22-23). |

| | |
|---------------------------------|--|
| <i>Verticillium</i> spp. | Micelio parcialmente inmerso, presencia de clamidosporas; conidióforos diferenciados, dispersos, cada uno conformado por un estipe erecto, recto o flexuoso, decolorados a café-oscuros, lisos o verrucosos, con ramas y fiálides verticiladas junto al septo cercano al pie; células conidiogénicas monofialídicas, verticiladas, determinadas, ampuliformes, lageniformes o tubuladas, con collaretes bien definidos. Conidias en masas mucosas, semiendógenas o acrógenas, simples, alantoides, elipsoidales o cilíndricas, redondeadas en los terminales, decoloradas o café palidas, lisas, unicelulares (Pardo, 1995). |
|---------------------------------|--|

En las Figuras 135-147, se detallan las características morfológicas (características macroscópicas, características microscópicas), patología y la forma de identificar algunos hongos fitopatógenos:

- *Venturia* spp.
- *Alternaria* spp.
- *Aspergillus* spp.
- *Colletotrichum* spp.
- *Fusarium* spp.
- *Geotrichum* spp.
- *Penicillium* spp.
- *Cladosporium* spp.
- *Thielaviopsis* spp.
- *Trichoderma* spp.
- *Uromyces* spp.
- *Hemileia* spp.

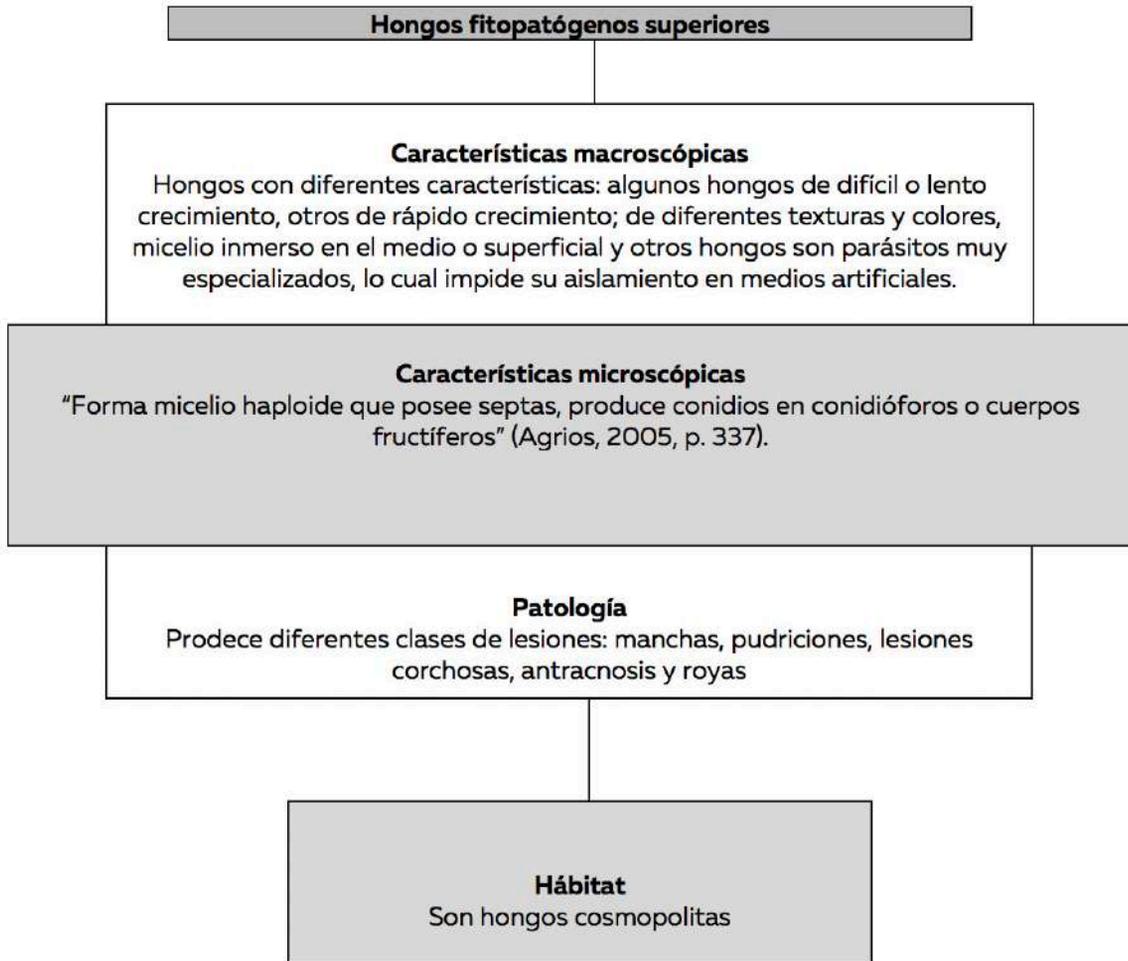


Figura 135. Hongos fitopatógenos superiores.



Figura 136. *Venturia* spp.
Fuente: Mondino, 2002

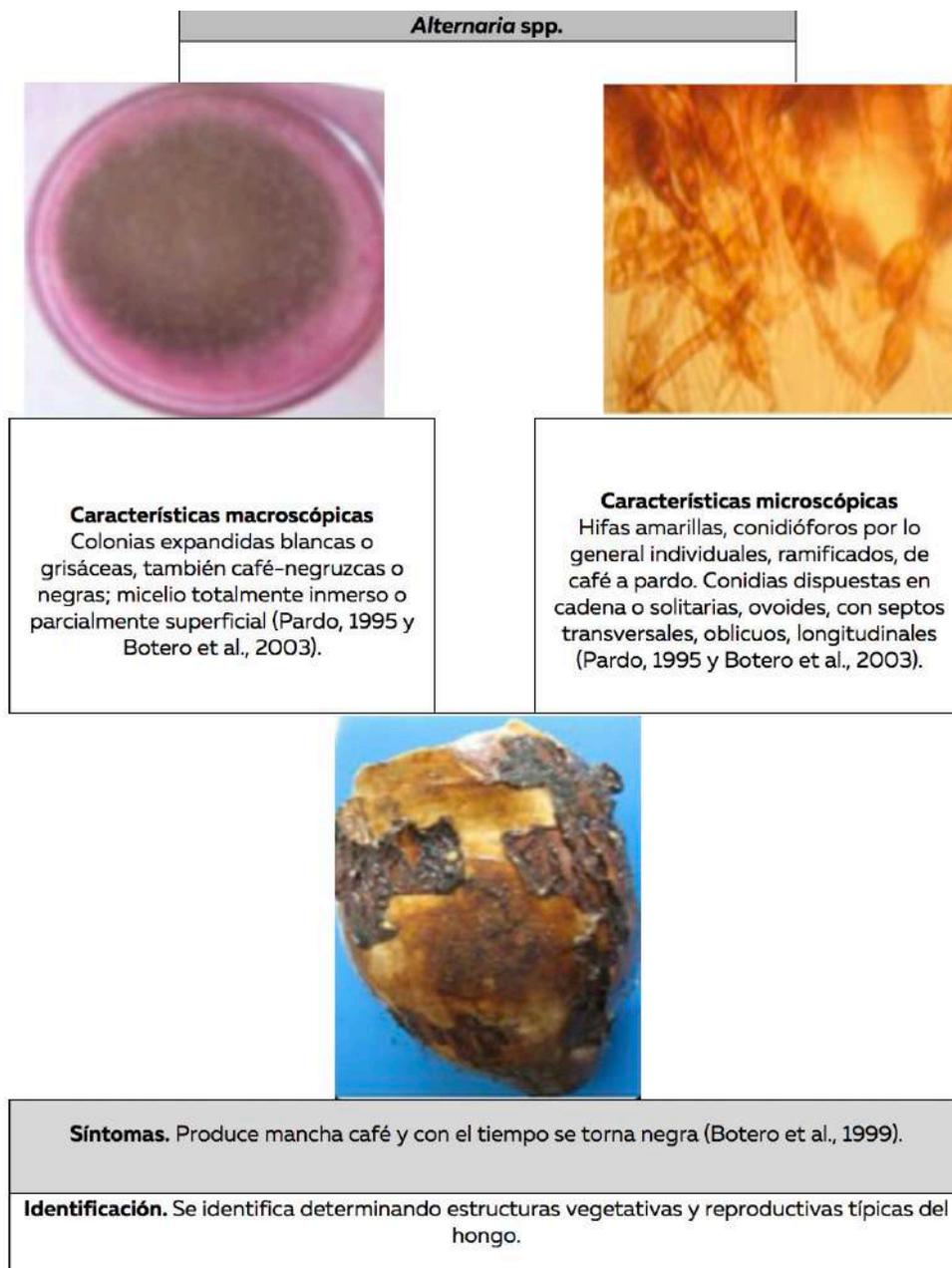


Figura 137. *Alternaria* spp.
Fuente: Características macroscópicas: Botero et al., 2003

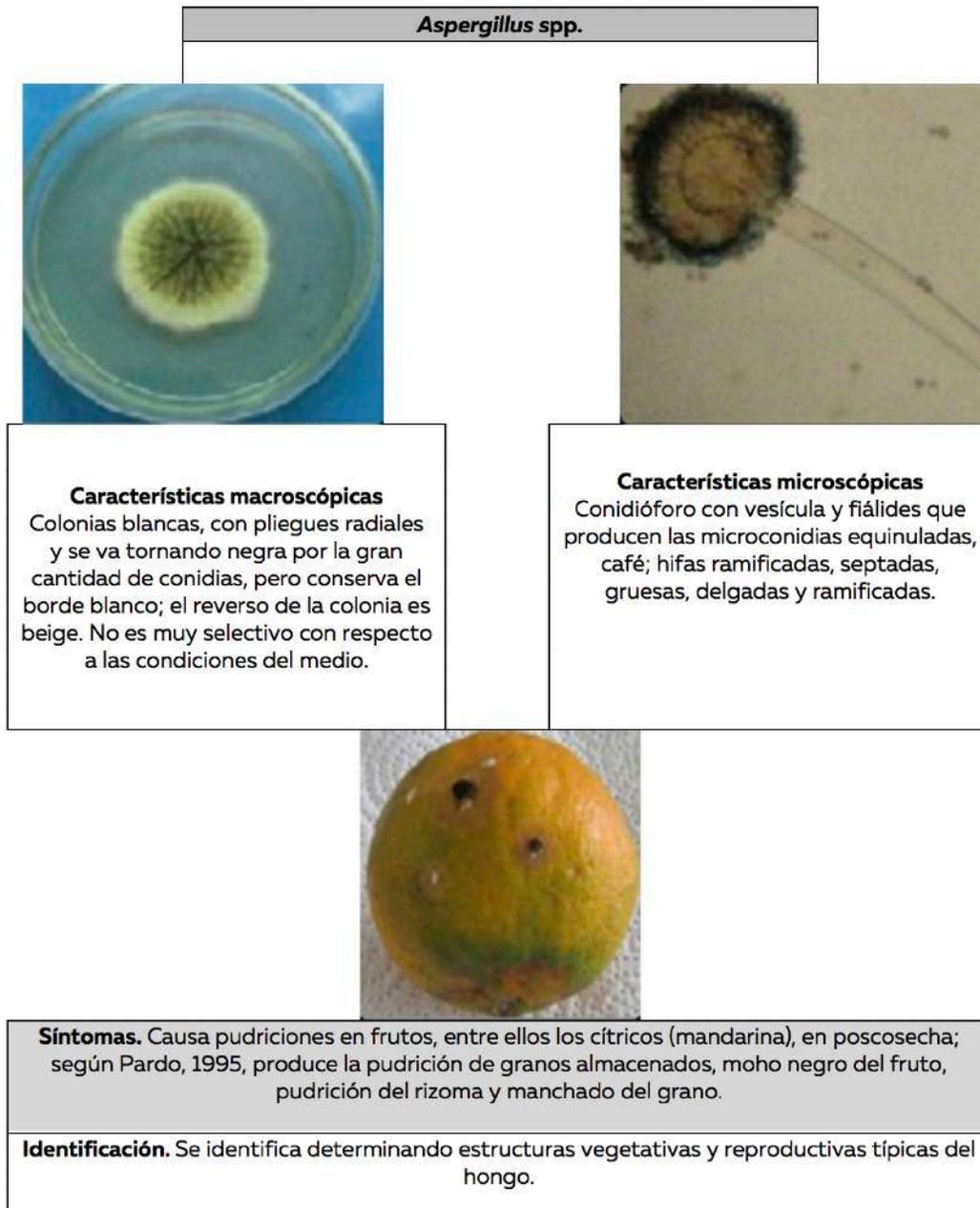
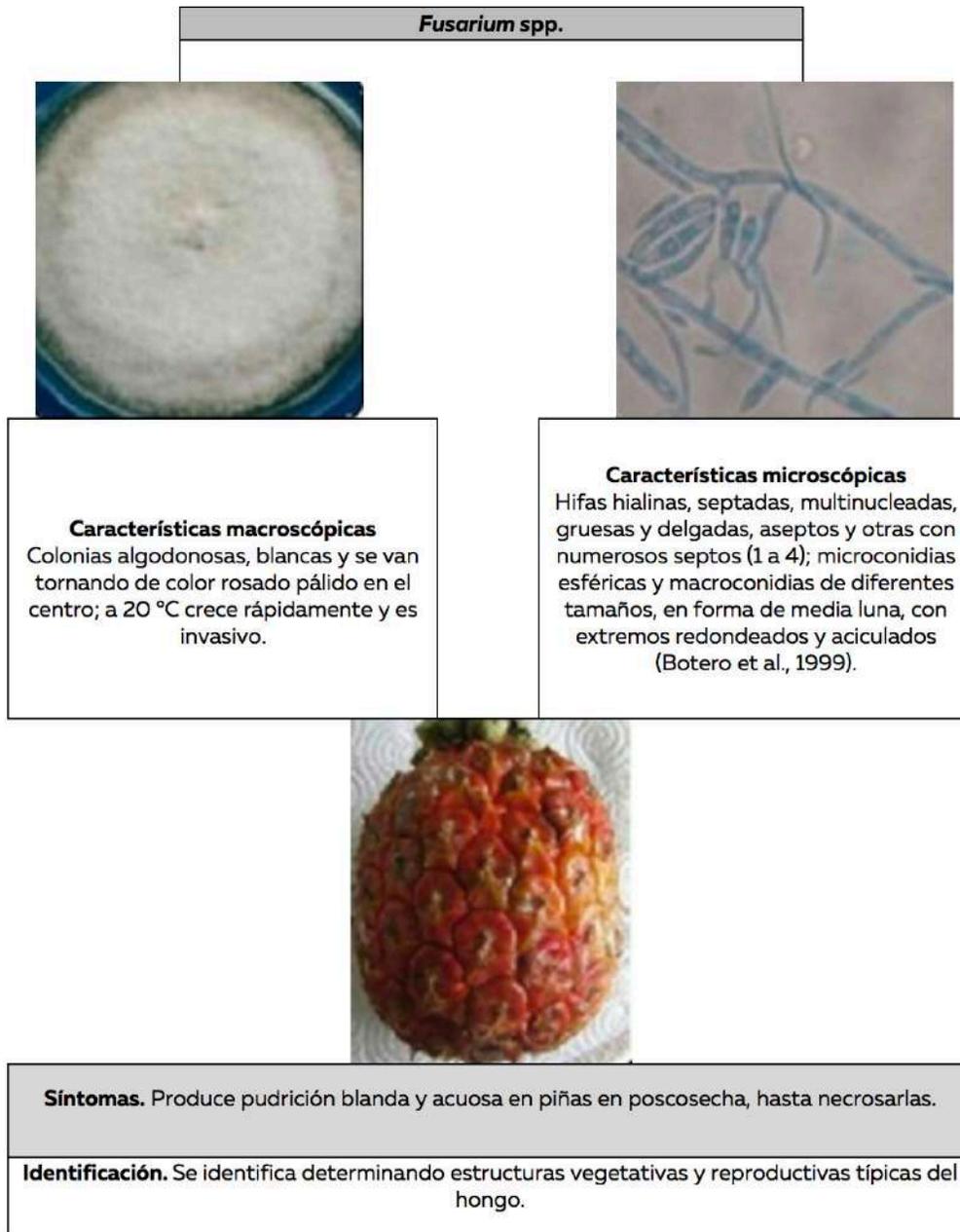
Figura 138. *Aspergillus* spp.



Figura 139. *Colletotrichum* spp.

Fuente: Características macroscópicas y características microscópicas: Botero et al., 1999
Síntomas: Agromatica, s.f.

Figura 140. *Fusarium* spp.

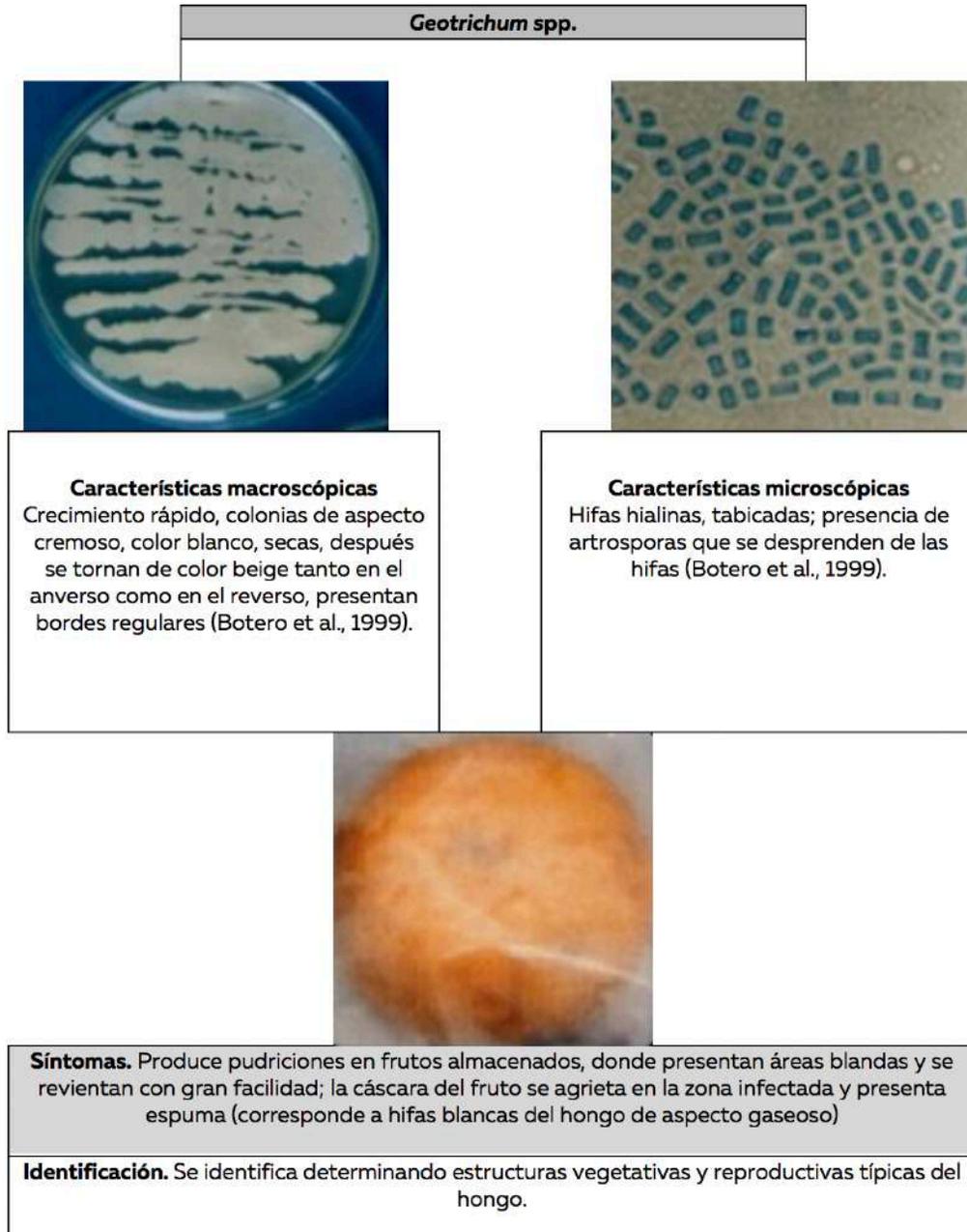


Figura 141. *Geotrichum* spp.

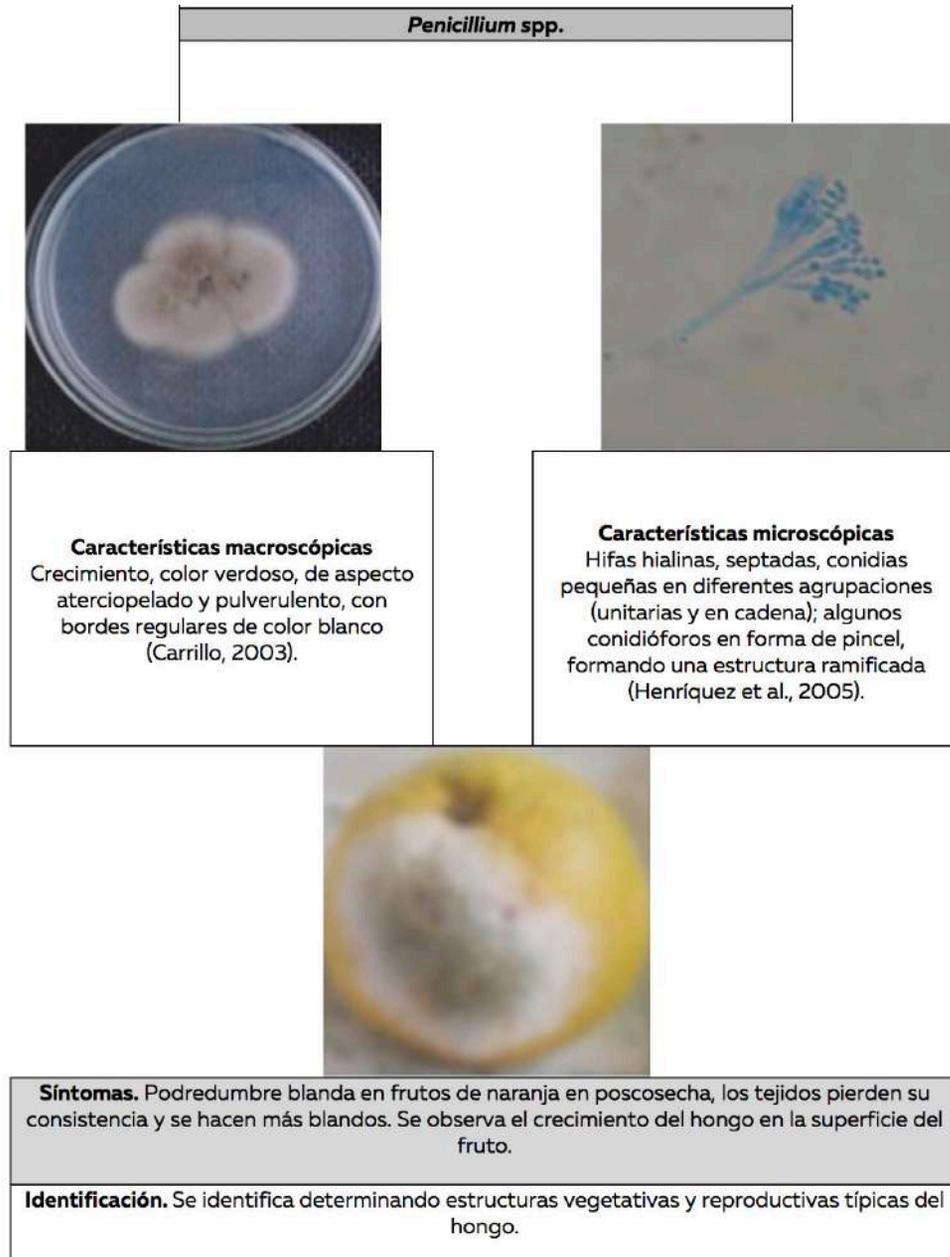


Figura 142. *Penicillium* spp.

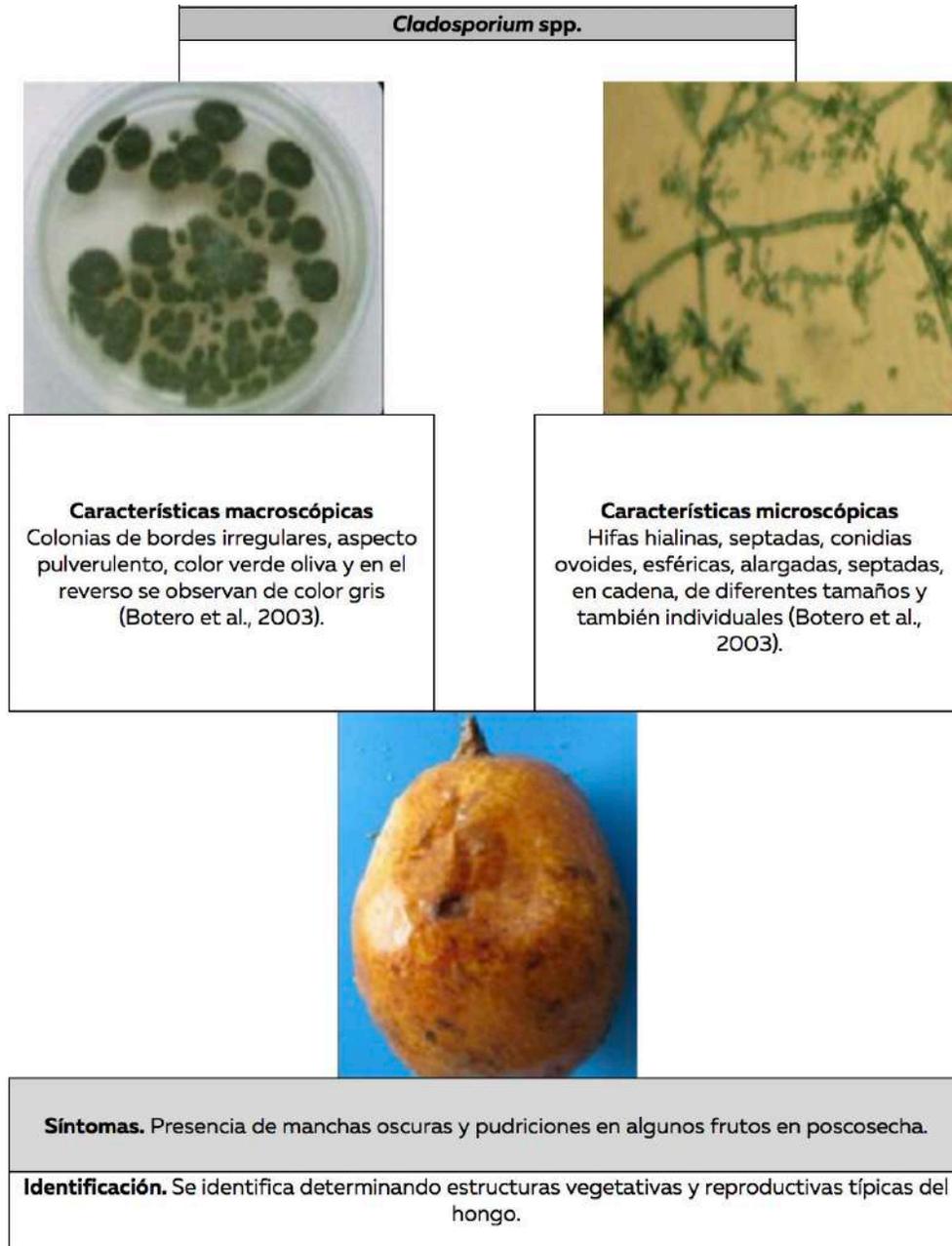


Figura 143. *Cladosporium* spp.

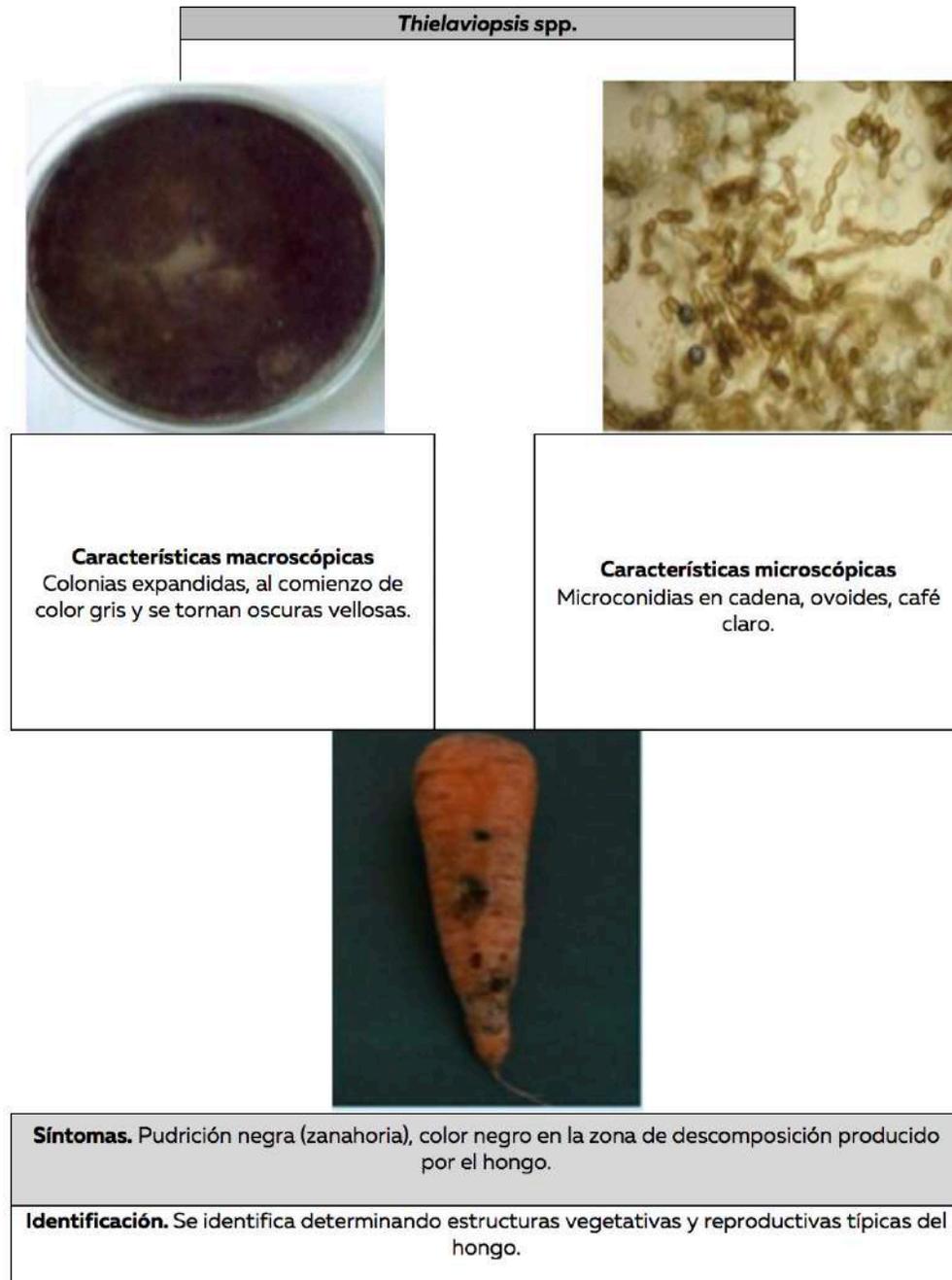


Figura 144. *Thielaviopsis* spp.



Figura 145. *Trichoderma* spp.

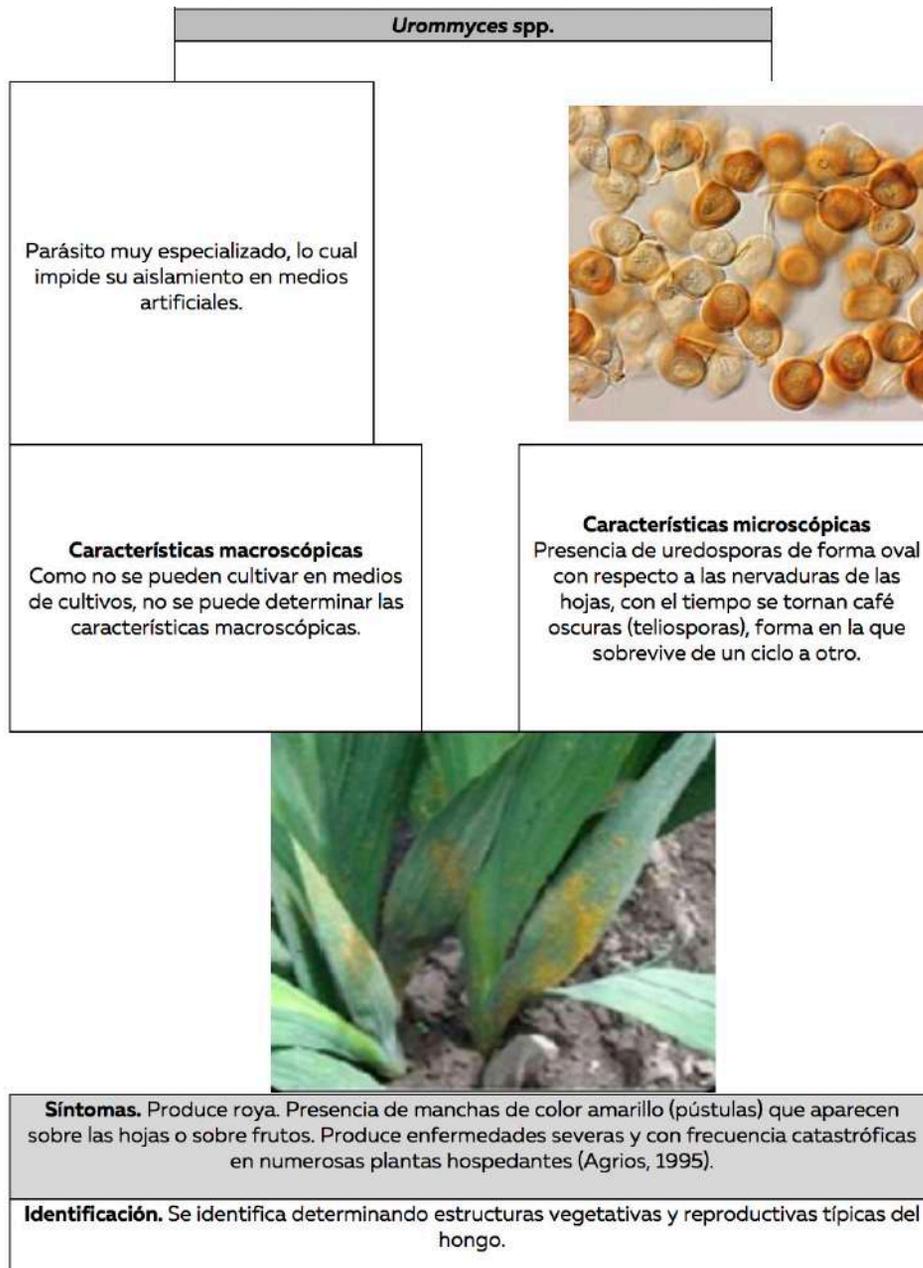


Figura 146. *Uromyces* spp.

Fuente: Características microscópicas: Cline y Farr, 2006

Síntomas: Bonilla, s.f

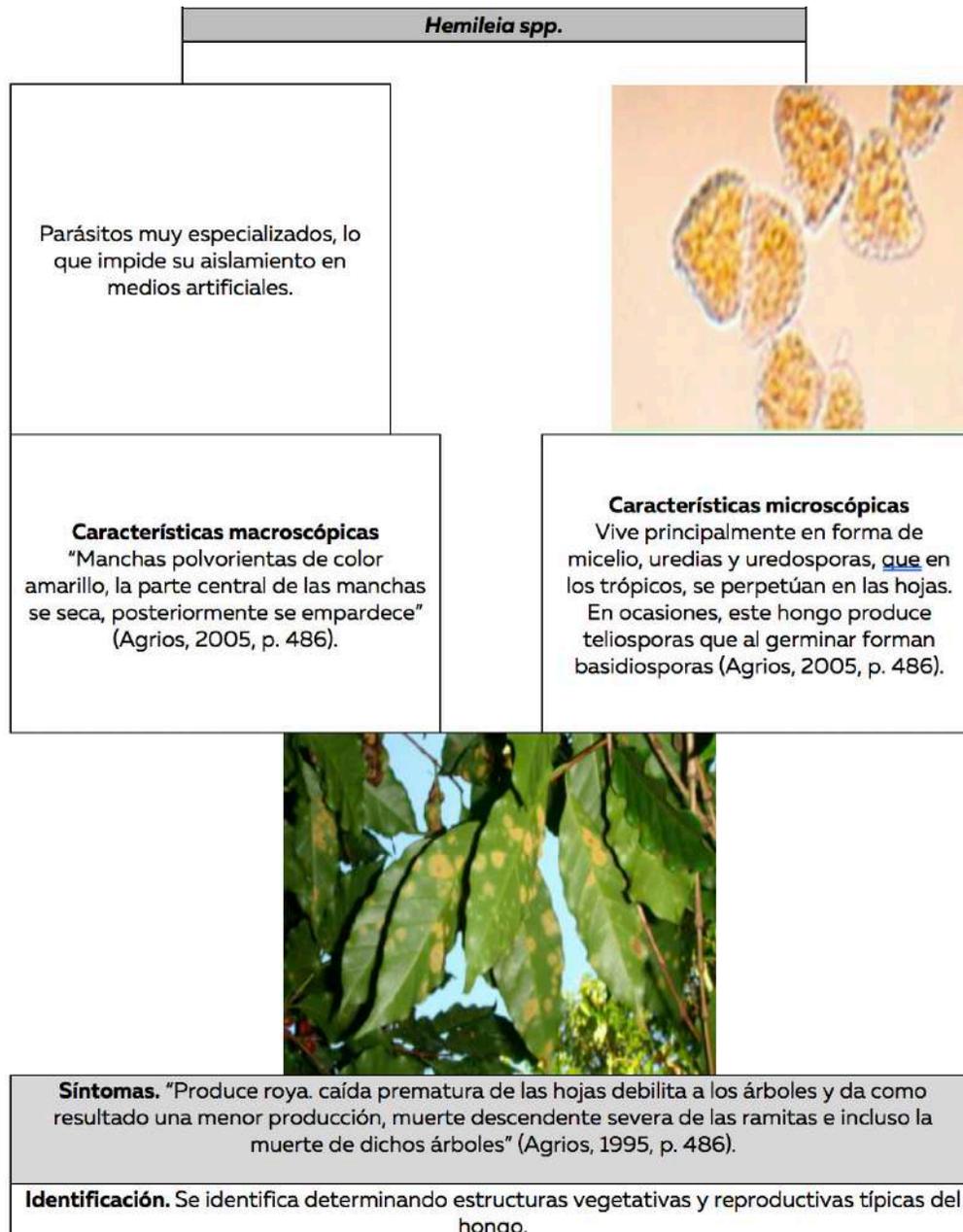
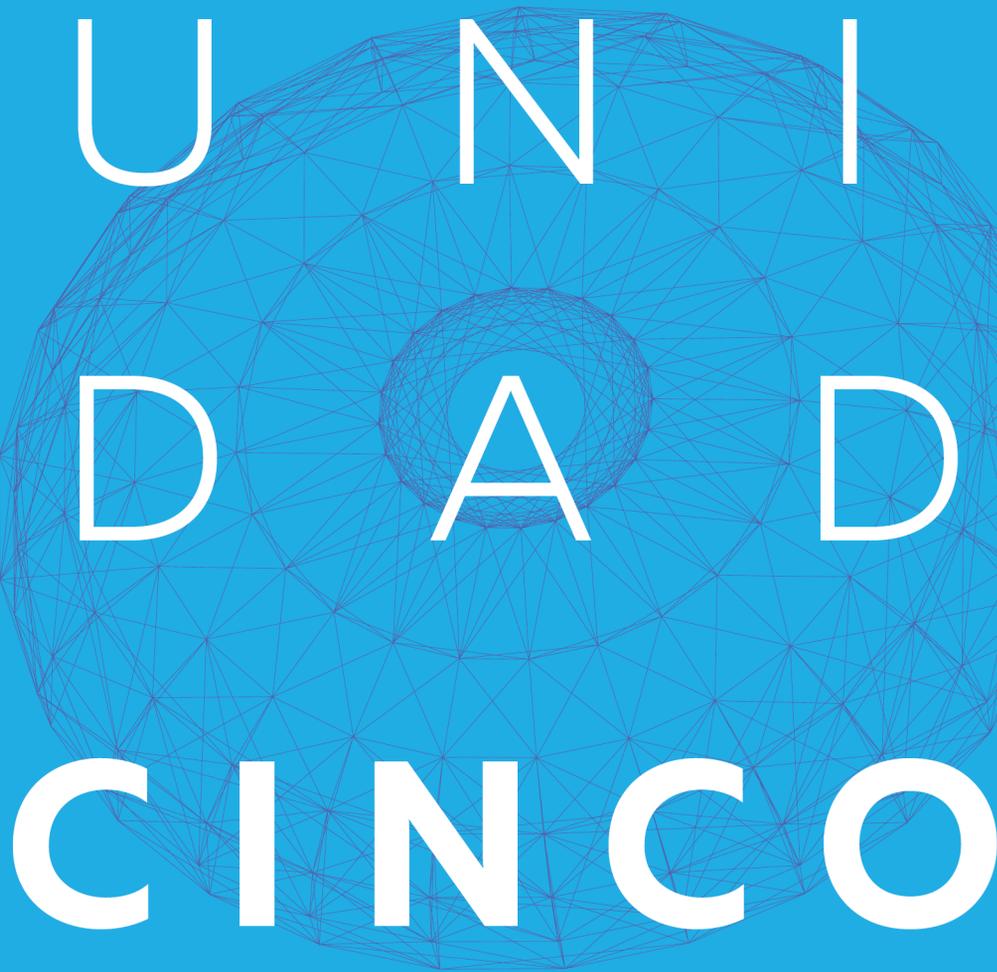


Figura 147. *Hemileia* spp

Fuente: Síntomas: Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Veracruz (CESAVE), s.f.)



UNIDAD
CINCO

HONGOS
BIOCONTROLADORES

Por muchos años, las plagas agrícolas han sido controladas con insecticidas químicos como el Dicloro difenil tricloroetano (DDT), derivados organofosforados, etc., productos que en un inicio son efectivos, pero posteriormente pierden dicha efectividad por la resistencia que generan; además, muchos de ellos son tóxicos y no son fácilmente degradable, persistiendo en la naturaleza por mucho tiempo (Bonifaz, 2012, p. 6).

El uso de los recursos naturales es más rápido que su reposición, lo que da como resultado su agotamiento y, por tanto, una mayor dependencia al uso de productos sintéticos en general. Esta cadena de eventos incide de forma negativa sobre la actividad de insectos benéficos, antagonistas y otros organismos que, en estrecha relación con el cultivo, aportan múltiples beneficios. Es necesario, por tanto, desarrollar estrategias más sostenibles que contribuyan a minimizar la sobreexplotación de los recursos y a favorecer una mayor actividad y estabilidad de los organismos benéficos (Rodríguez et al., 2010, p. 1).

“Por lo anterior es deseable alcanzar un biocontrol de plagas de forma natural; de aquí que muchos hongos entomopatógenos se pueden emplear de forma segura y efectiva” (Bonifaz, 2012, p. 6).

5.1 Control biológico

Es la regulación de un organismo como consecuencia de la actividad de otro, lográndose con ello un equilibrio poblacional. Esta actividad en el ámbito de la agricultura, significa la regulación de la población de un organismo que está afectando al cultivo y generando pérdidas económicas (plaga), mediante la acción de otro que naturalmente ha sido diseñado para ejercer dicha función. Se busca con esto, estabilizar poblaciones y llevarlas por debajo del *nivel de daño económico* (Rodríguez et al., 2010, p. 1).

Muchos hongos entomopatógenos se pueden emplear de forma segura y efectiva, porque es necesario que:

Los hongos que se usan como plaguicidas, deben ser inocuos para las personas y animales, además de generar el mínimo daño a las plantas, porque algunos como *Fusarium* spp., pueden ser también fitopatógenos, formar fácilmente propágulos y ser estables a las condiciones ambientales en que se emplean (Bonifaz, 2012, p. 7). Estos hongos contribuyen a la atenuación de los daños que causan las enfermedades, en los agroecosistemas donde existan condiciones para su desarrollo y conservación. Para lograr este objetivo los microorganismos beneficiosos presentan diferentes modos de acción que les permitan ejercer su efecto biorregulador. Estos atributos, de conjunto con la capacidad de multiplicarse abundantemente, se encuentran entre los de mayor importancia para su selección como agentes de control biológico (Infante et al., 2009, p. 1).

5.2 Controladores biológicos

Debido a que el desarrollo del control biológico se concentró por siglos en el combate de insectos, clásicamente se han definido tres tipos de controladores en el ámbito entomológico: depredadores: son artrópodos (insectos y arácnidos) y que atrapan a su presa devorándola; parasitoides: de forma interna o externa se alimentan de un hospedante (la plaga) y limitan su estabilidad; entomopatógenos: pueden ser hongos, bacterias, virus u otros microorganismos que provocan enfermedades en los insectos. No obstante, actualmente se señalan dos tipos adicionales: los Antagonistas, que interfieren con otros microorganismos patógenos, limitando su desarrollo y por tanto, limitando su capacidad para generar enfermedades; y el grupo de los Promotores de Crecimiento y los Inductores de Resistencia Sistémica (Rodríguez et al., 2010, p. 1).

5.3 Tipos de control biológico

Básicamente hay tres tipos de control biológico:

Control biológico conservativo: establece prácticas y estrategias para mejorar el establecimiento y la proliferación de organismos benéficos propios del lugar, limitando el uso de prácticas que los desfavorezcan e implementando aquellas estrategias que los favorezcan.

Control biológico clásico: se refiere a la importación al sitio requerido, de agentes de control biológico específicos para el combate de un agente exótico que se presenta como plaga; esta necesidad surge a raíz de la ausencia de agentes de control biológico para una plaga introducida que no cuenta *in situ*, con sus propios controladores.

Control biológico aumentativo: se refiere a la necesidad de incrementar la presencia de agentes de control biológico en determinado sitio, debido su escasa presencia o imposibilidad de mantener poblaciones suficientes. Se manejan aquí dos esquemas de uso: aplicación masiva o aplicación inoculativa (Rodríguez et al., 2010, p. 1).

5.4 Hongos como agentes de control biológico

Tanto insecto como hongos, nemátodos y malezas, pueden ser sujetos al control biológico por hongos, los cuales pueden ser: depredadores, parasíticos o antagonísticos (Castaño, 2005).

5.4.1 Hongos depredadores

Estos hongos se alimentan sobre protozoarios y nematodos del suelo, estiércol, madera descompuesta y musgo. Se caracterizan porque desarrollan estructuras especializadas con las cuales capturan a su presa antes de alimentarse sobre ella después de muerta. La mayoría de estos hongos son depredadores obligados, de las clases: Zygomycetes y Deuteromycetes; los hongos de la familia Moniliaceae son depredadores no obligados (Castaño, 2005).

5.4.2 Hongos parasíticos

Estos hongos invaden el cuerpo vivo de algas, hongos, plantas superiores o animales; se alimentan y reproducen a expensas del hospedante sin contribuir a su bienestar; la mayoría de estos hongos causan daño fisiológico (hongos patógenos). Hay parásitos facultativos (son saprofitos, pero pueden llegar a ser parasíticos bajo condiciones favorables), causan la muerte rápida de sus hospedantes; también hay parásitos obligados (crecen exclusivamente sobre tejidos vivos (establecen relaciones fisiológicas delicadamente balanceadas con sus hospedantes (Castaño, 2005).

5.4.3 Hongos antagonísticos

La habilidad de un hongo de existir en un hábitat en particular como el suelo o sobre la superficie de un órgano de la planta es determinada parcialmente por sus relaciones ecológicas con otros microorganismos; estas relaciones en la naturaleza son con frecuencia antagonísticas (Castaño, 2005).

5.5 Hongos parásitos de insectos

Más de 150 años han transcurrido desde que Agostino Bassi, propuso el empleo de microorganismos para controlar insectos. Los hongos entomófagos han desempeñado un papel muy significativo en la historia de la patología de insectos; un gran número de hongos son parasíticos sobre insectos y artrópodos pequeños tales como ácaros y arañas; estos hongos se denominan entomopatógenos (Castaño, 2005).

5.6 Hongos entomopatógenos

Los hongos entomopatógenos son aquellos que parasitan diferentes órdenes de artrópodos, desde arañas hasta casi todos los grupos de insectos. Existen hongos que pueden invadir insectos muertos llamados saprófagos y hongos entomófagos que infectan

insectos vivos provocándoles micosis; estos hongos comienzan su infección a través de la cutícula externa del insecto hospedero y se reconocen las siguientes fases de su desarrollo: adhesión: germinación de la espora en la cutícula del hospedero; penetración: A través de un tubo germinativo; colonización: desarrollo del hongo dentro del cuerpo del insecto; muerte del insecto: se produce un crecimiento hifal mayor dando como resultado el desarrollo de los cuerpos fructíferos (Umaña y Soto, 2006, p. 1).

5.6.1 Mecanismo de infección de los hongos entomopatógenos

El desarrollo de la micosis puede ser separado en tres fases:

- Adhesión y germinación de la espora en la cutícula del insecto. El proceso de adhesión, dependiendo del hongo, puede ser un fenómeno específico o no específico. Mientras que la germinación de las esporas es un proceso mediante el cual una espora emite uno o varios pequeños tubos germinativos que al crecer y alargarse dan origen a las hifas, este proceso depende de las condiciones de humedad y temperatura ambiental. En menor grado la luz condiciona el ambiente alimenticio. La espora que germina en el insecto forma un tubo germinativo el cual funciona como una hifa de penetración de la cutícula. También puede producir una estructura llamada apresorio, la cual ayuda a la adhesión de la espora. El éxito de la germinación y penetración no dependen necesariamente del porcentaje de germinación sino del tiempo de duración de la germinación, modo de germinación, agresividad del hongo, tipo de espora y susceptibilidad del hospedante [...] Los hongos, además, pueden infectar a los insectos a través de las aberturas corporales como son cavidad bucal, espiráculos y otras aberturas externas. Las esporas pueden germinar rápidamente en estos ambientes por ser húmedos. Cuando lo hacen en los fluidos digestivos, pueden destruir a la hifa germinativa. En este caso, el insecto no muere de micosis sino a causa de las toxinas (Cañedo y Ames, 2004, p. 10).
- Penetración dentro del hemocele. Esta penetración por parte de la hifa es el resultado de la degradación enzimática de la cutícula y la presión mecánica ejercida por el tubo germinativo. Además, depende de las propiedades de la cutícula, grosor, esclerotización, presencia de sustancias nutricionales y antifungosas [...] La digestión del integumento se produce mediante las enzimas (proteasas, aminopeptidasas, lipasas, esterases y quitinasas). Cuando la hifa ha llegado al hemocele, se pueden producir diferentes reacciones de defensa del insecto frente a un cuerpo extraño: la fagocitosis, encapsulación celular y la formación de compuestos antimicrobianos como las lisozimas, aglutininas y melanización. En este caso, el hongo debe vencer el sistema inmunológico del hospedante antes de entrar a la hemolinfa y desarrollarse dentro del insecto (Cañedo y Ames, 2004, p. 12).

- Desarrollo del hongo que resulta en la muerte del insecto. Luego de que llegue al hemocele, el hongo puede evitar la defensa inmune del insecto produciendo células parecidas a levaduras, llamadas blastosporas, que se multiplican y dispersan rápidamente, desarrollando protoplastos, elementos discretos ameboideos, sin pared celular que no son reconocidos por los hemocitos del hospedante y produciendo micotoxinas [...] La dispersión de éstos en el hemocele depende de la especie del hongo. Las toxinas producidas juegan un rol muy importante en el modo de acción de los hongos entomopatógenos. La muerte del insecto se produce con mayor rapidez cuando es afectado por un hongo entomopatógeno que produce cantidades considerables de toxinas, ya que se adiciona la toxemia a la destrucción de los tejidos y a las deficiencias nutricionales. A continuación del crecimiento del hongo en el hemocele, se producen los síntomas fisiológicos del insecto afectado como convulsiones, carencia de coordinación y comportamientos alterados (deja de alimentarse, reduce su movimiento), entra en un estado letárgico y finalmente muere, lo que puede ocurrir relativamente rápido o en unos cuantos días. Ocurre una competencia entre el hongo y la flora intestinal. Los hongos pueden producir sustancias antibacterianas que alteran la coloración del cadáver [...] Con la muerte del insecto termina el desarrollo parasítico del hongo y empieza la fase saprofítica: el hongo crece en el hemocele formando masas micelianas que salen al exterior fundamentalmente por las regiones intersegmentales –esporulando sobre el cadáver y produciendo inóculo para infectar a otros insectos– y por las aberturas naturales (espiráculos, boca y ano). La gran dependencia de la humedad es el mayor factor limitante que presentan los hongos, ya que para que se produzca la germinación y esporulación fuera del hospedante se requieren valores de humedad relativa superiores a 90% (Cañedo y Ames, 2004, p. 12).

5.6.2 Ventajas del uso de hongos entomopatógenos

Las ventajas que brindan estos hongos para su uso son:

Presentan grados variables de especificidad, pueden ser específicos a nivel de familia o especies muy relacionadas. En el caso de las cepas, pueden ser específicas a nivel de especies, sin afectar a los enemigos naturales.

Si el hongo entomopatógeno encuentra las condiciones adecuadas para introducirse y colonizar un ecosistema, se reproduce y renueva en forma continua, es decir se vuelve persistente, haciendo innecesarias nuevas aplicaciones.

Se pueden aplicar mezclas de hongos entomopatógenos con dosis sub letales de insecticidas para lograr efectos sinérgicos superiores a los logrados con aplicaciones de cada producto por separado.

No contaminan el medio ambiente ni afectan al hombre u otros animales superiores.

Cuando el hongo no llega a causar la muerte directamente, se presentan efectos secundarios que alteran el normal desarrollo del ciclo de vida del insecto (Britto et al., 2016, p. 14).

5.6.3 Desventajas del uso de hongos entomopatógenos

Las desventajas de estos hongos en su uso son:

Sensibilidad a la variación de las condiciones climáticas como temperaturas extremas, desecación y rayos ultravioletas, limitantes que están siendo contrarrestadas con el uso de aditivos.

Requieren de condiciones de almacenamiento más exigentes que las moléculas inorgánicas, para evitar que pierdan su patogenicidad.

En general, los insecticidas biológicos no matan instantáneamente, alcanzan buenos niveles de control entre una y tres semanas después de la aplicación, dependiendo de la plaga y del ambiente. Sin embargo, el insecto deja de ser plaga al ser parasitado por el hongo, deja de alimentarse mucho antes de morir, disminuyendo el daño (Britto et al., 2016, p. 15).

La investigación con hongos entomopatógenos cada día recibe más atención debido a los efectos permanentes que éstos causan en las poblaciones de insectos plagas de importancia económica y al uso potencial como agentes de control biológico en programas de manejo integrado. Esto ha originado un gran interés en su producción masiva, formulación y comercialización como insecticidas biológicos (Vélez et al., 1997, p. 1).

Existen muchos géneros de hongos que tienen estas propiedades, pero los más usados son: *Beauveria*, *Metharizium*, *Paecilomyces*, *Verticillium*, *Fusarium* y *Entomophthora* (Bonifaz, 2012) y *Trichoderma*, relacionados en las Figuras 148-154.

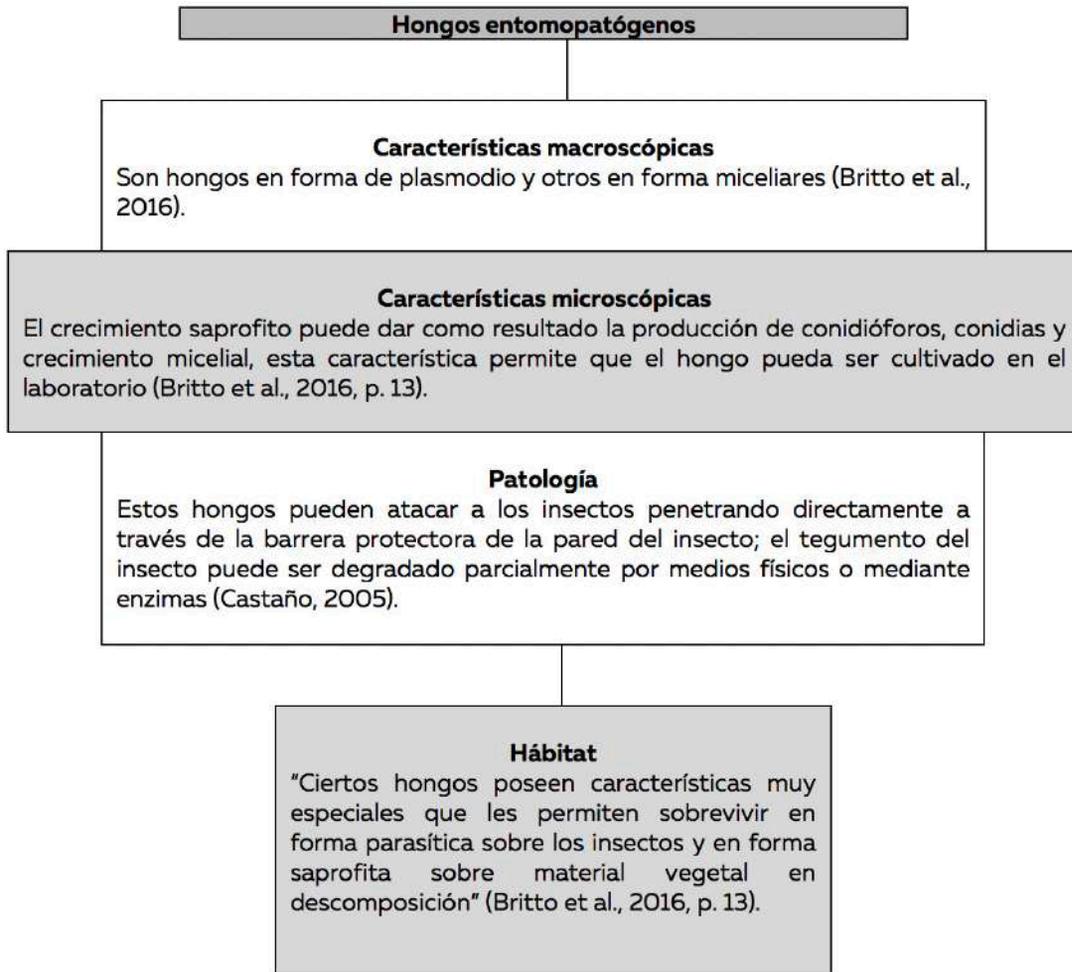


Figura 148. Hongos entomopatógenos.

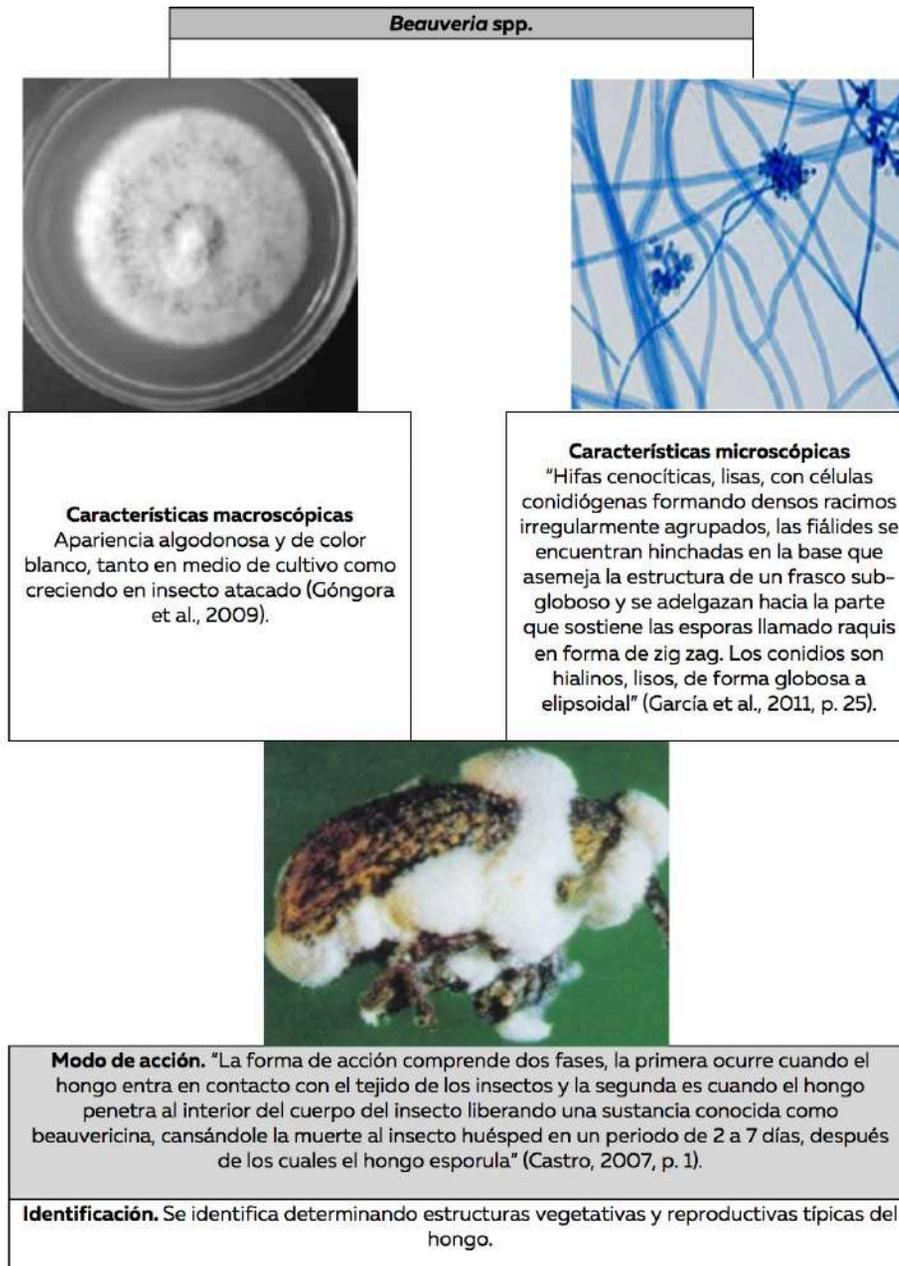


Figura 149. *Beauveria* spp.

Fuente: Características macroscópicas: Toledo et al., 2008

Características microscópicas: Fun with Microbiology, s.f.

Modo de acción: EcuRed, s.f.

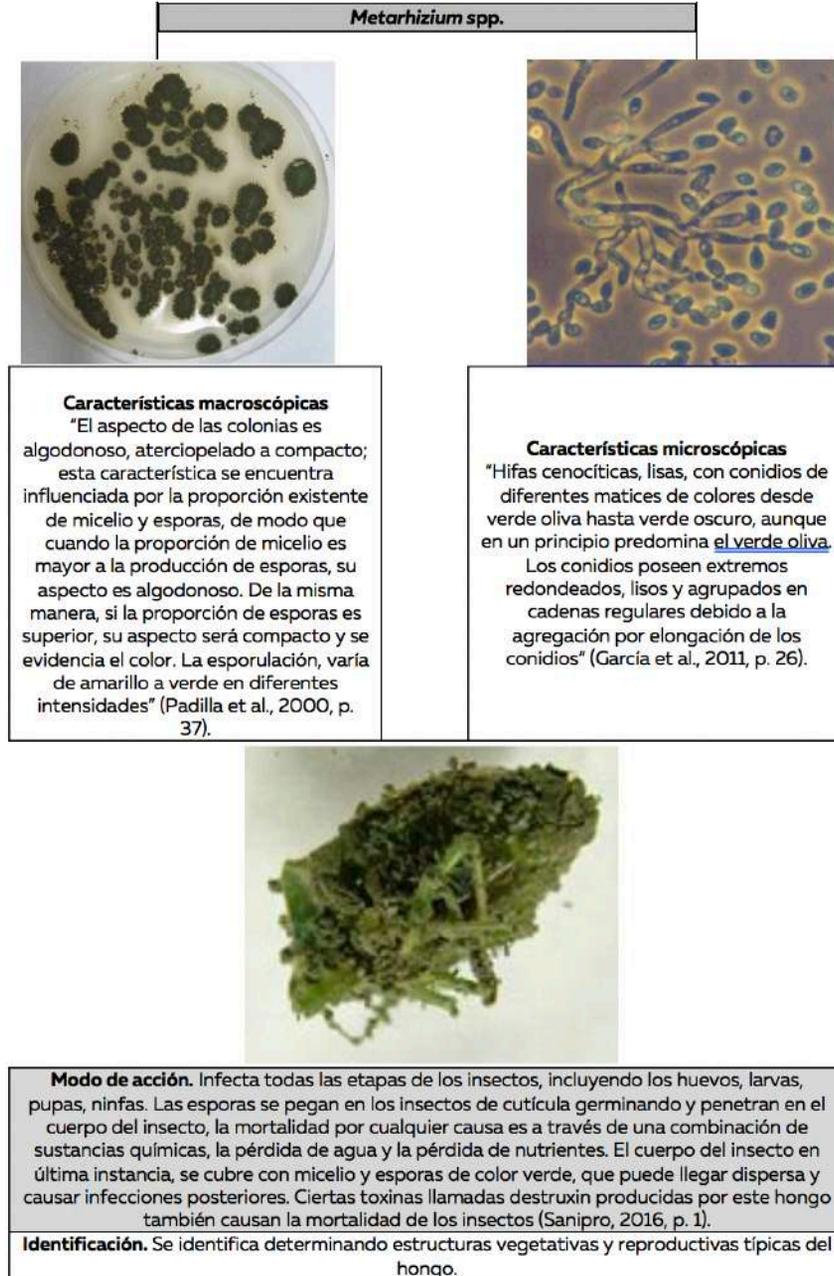


Figura 150. *Metarhizium* spp.

Fuente: Características macroscópicas: Mejía, 2013

Características microscópicas: Gouli, s.f.

Modo de acción: Revista Ciencia, 2012

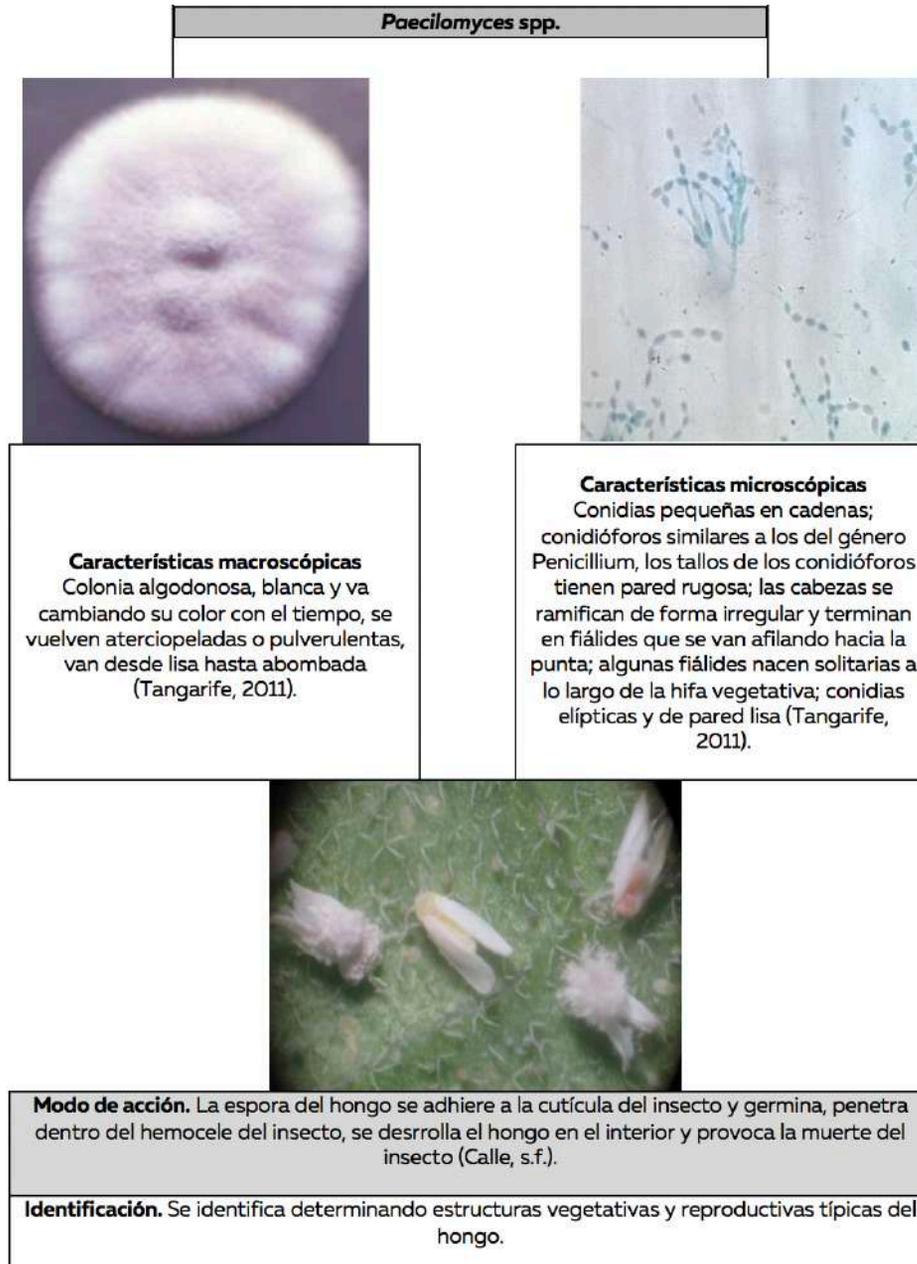


Figura 151. *Paecilomyces* spp.

Fuente: Características macroscópicas: Gefor, 2011

Modo de acción: Calle, s.f.

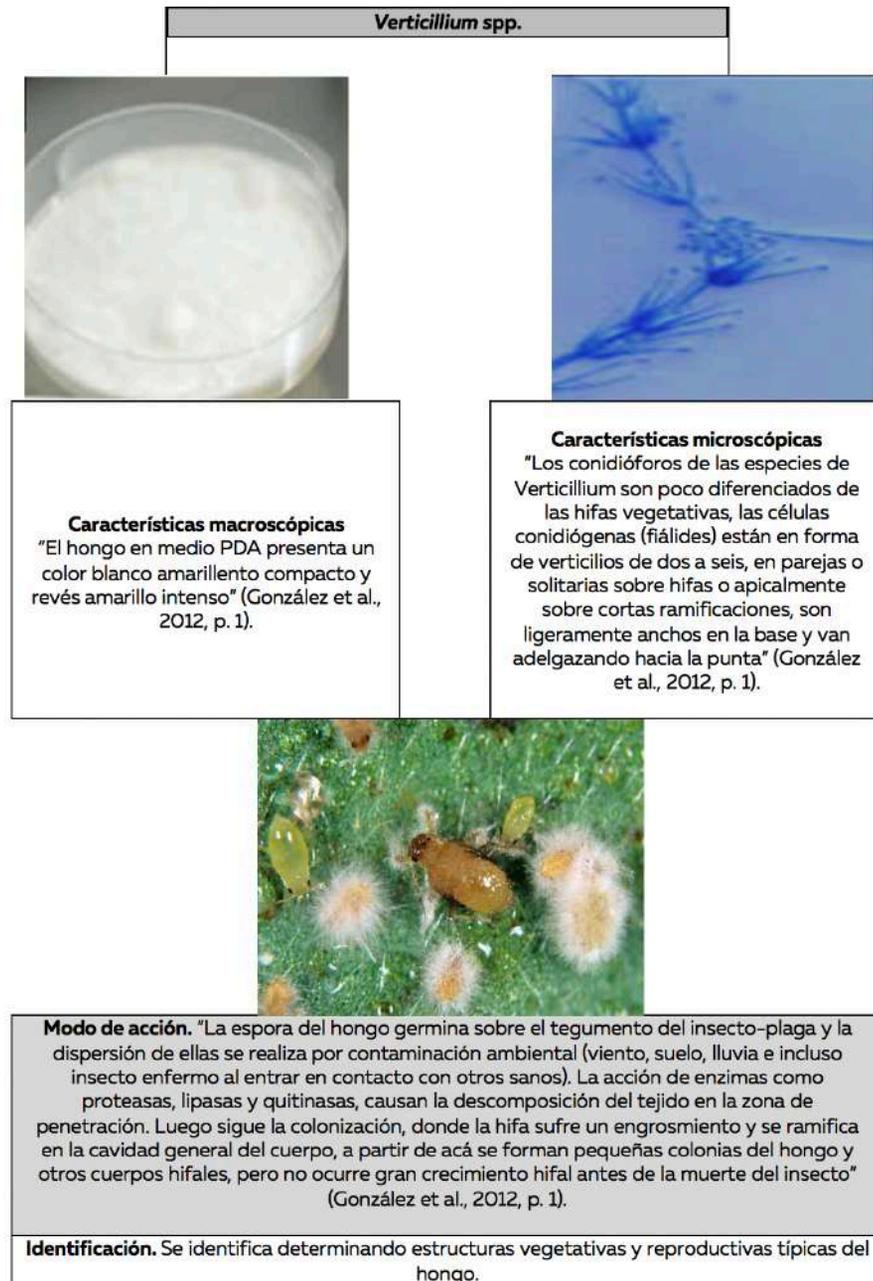


Figura 152. *Verticillium* spp.

Fuente: Características macroscópicas y características microscópicas: Carreño, 2003, citado por Gonzáles et al., 2009
Modo de acción: Cattin, 2012

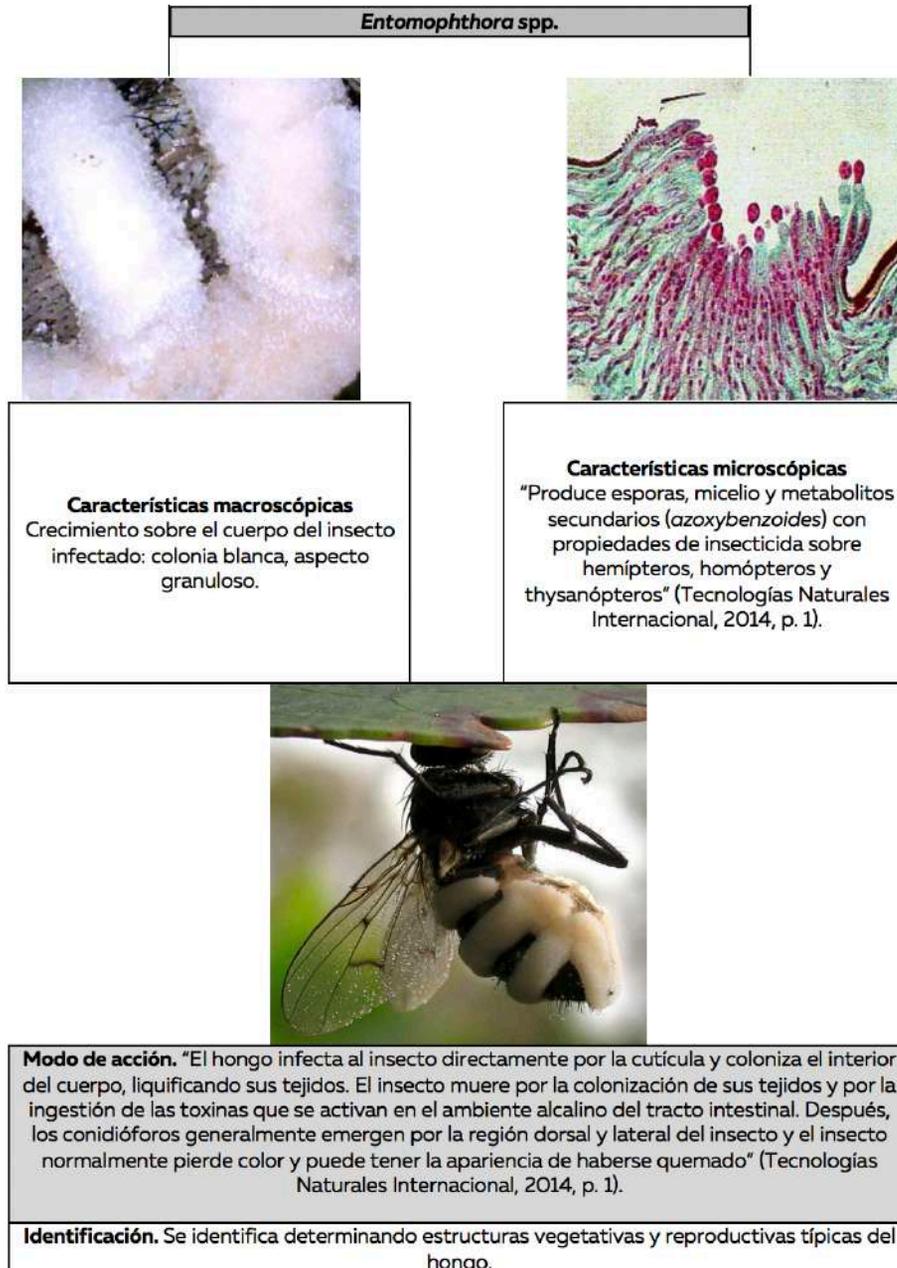


Figura 153. *Entomophthora* spp.

Fuente: Características macroscópicas y modo de acción: Bartolini. s.f.
 Características microscópicas: Volk, T. J., 2000

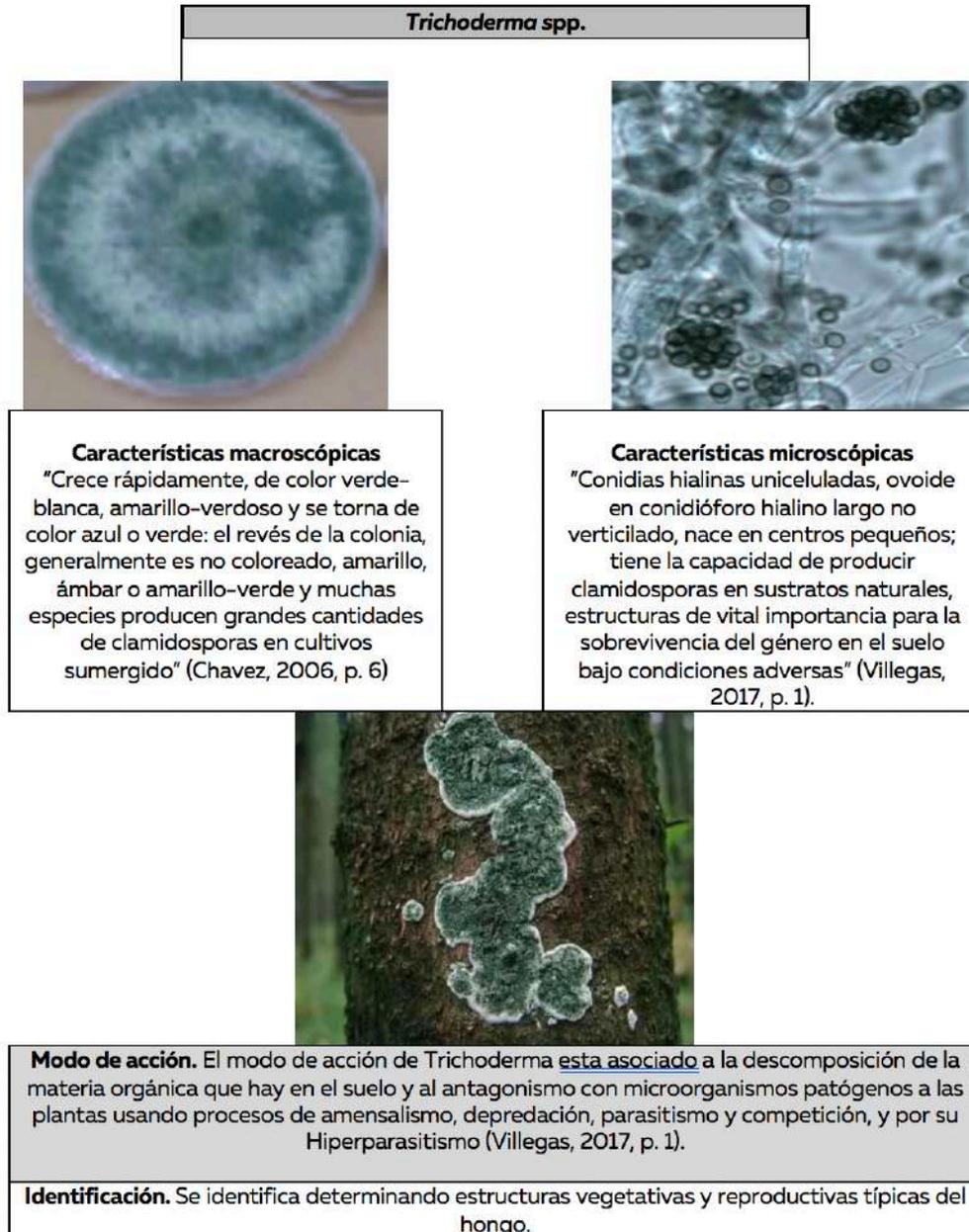
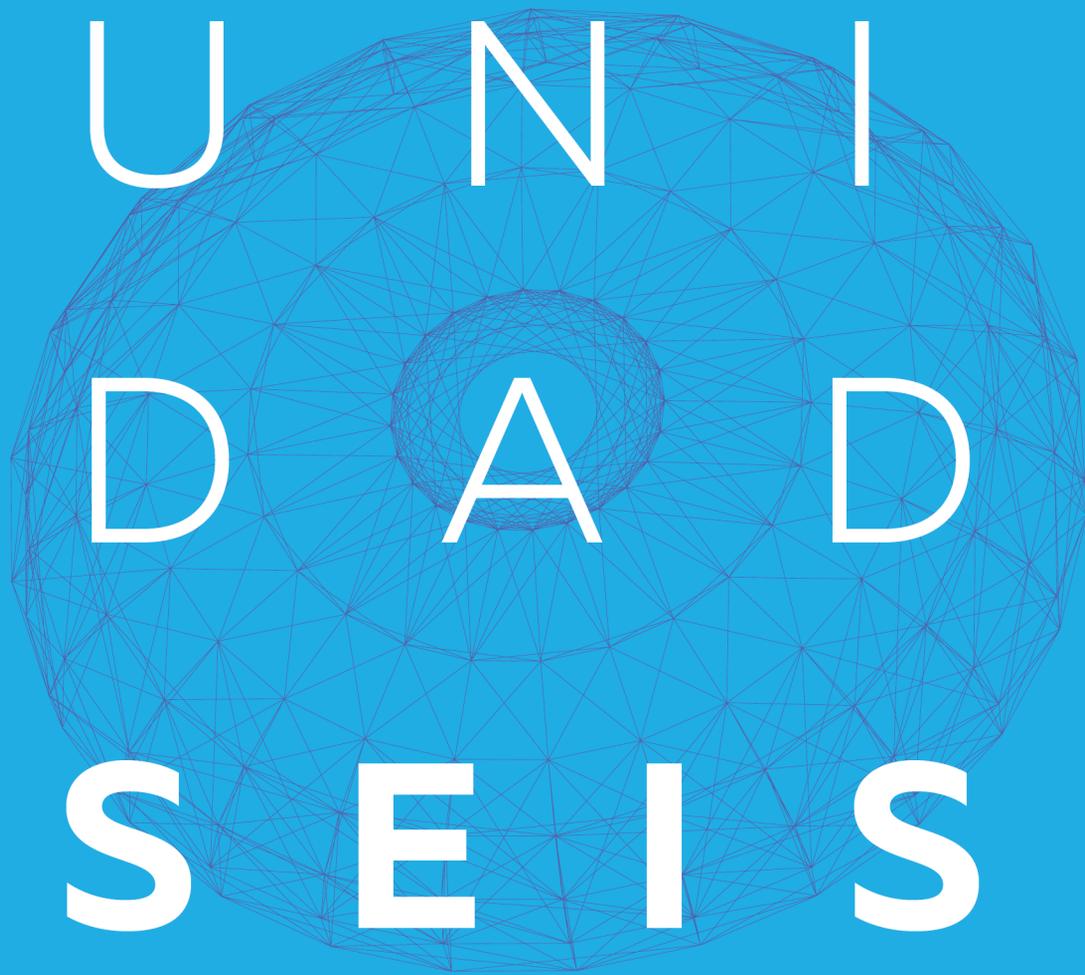


Figura 154. *Trichoderma* spp.
Fuente: Villegas, 2017



HONGOS DE IMPORTANCIA
INDUSTRIAL

La función de los microorganismos en las transformaciones de la materia orgánica no fue reconocida hasta mediados del siglo XIX; a pesar de que muchos procesos fueron utilizados por el hombre desde tiempos prehistóricos para preparar alimentos, bebidas y tejidos, muchos de ellos fueron controlados y perfeccionados empíricamente; algunos ejemplos destacados son: producción de cerveza y vino, el encurtido de ciertos materiales vegetales, la fermentación del pan, la obtención de vinagre, queso y mantequilla (Stanier et al., 1992, p.707).

Los hongos han servido de alimento al hombre: las especies comestibles tienen un bajo contenido de grasa, contienen aminoácidos esenciales, minerales útiles y, aunque no son alimentos que suministran energía, son una fuente de nutrición fundamentalmente mejor que la que cotidianamente es asumida o se supone que lo sea (Boa, 2005, p. 47).

Estos hongos que crecen en sustratos lignocelulósicos tales como la madera o la paja, excretan una mezcla de enzimas hidrolíticas y oxidantes que despolimerizan los componentes del sustrato. Algunos hongos comestibles, como los del género *Pleurotus*, tienen la habilidad de colonizar el rastrojo y degradar la lignina, la hemicelulosa y la celulosa contenida en el sustrato. La bioconversión de los residuos agrícolas lignocelulósicos como fuente para la producción de hongos comestibles a través de procesos de fermentación sólida, representa una posibilidad biotecnológica para la obtención de alimento humano rico en proteínas y reducir el impacto ambiental de éstos, partiendo por lo general de materia prima de bajo costo (Sánchez y Royse, 2002); conocer la naturaleza de estos procesos tradicionales "no solo condujo al perfeccionamiento en muchos de ellos, sino que además dio lugar a industrias, totalmente nuevas, basadas en el uso de microorganismos que no habían sido previamente explotadas por el hombre" (Stanier et al., 1992, p. 707).

Además, los hongos se han utilizado para la producción de sustancias importantes en la industria farmacéutica:

Forman una serie de metabolitos intermedios o finales, gracias al sinnúmero de procesos biosintéticos en que intervienen; por ejemplo, la mayor parte de la producción mundial de ácido cítrico la realiza *A. niger*; la vitamina B2 se obtiene a partir de *Ashbya gossypii*, y los mucorales (*Mucor*, *Rhizopus*, etc.), llevan a cabo las transformaciones en las moléculas de esteroides. En este terreno el futuro será muy vasto. En general los hongos medicinales son microscópicos, pero hay algunas setas que se usan con diversos fines terapéuticos; vale la pena resaltar dos de ellas: *Ganoderma lucidum*, ampliamente utilizada en la medicina oriental (China, Japón y Corea); se le menciona popularmente como Lingzhi u hongo de la inmortalidad; se le reconocen propiedades inmunomoduladoras y antitumorales, debido a que contiene diversos tipos de terpenos y polisacáridos de alto peso molecular. Otro macromiceto que también tiene propiedades antineoplásicas es *Trametes versicolor*, conocido como oreja de la madera (Bonifaz, 2012, p. 5).

El uso extendido de los microorganismos en las industrias químicas y farmacéuticas se debe a que es más barato utilizar un microorganismo para la síntesis de un compuesto orgánico complejo que sintetizarlo químicamente y además se obtienen mezclas racémicas que se deben separar (Stanier et al., 1992, p. 723.).

Algunos hongos de importancia industrial están relacionados en las Figuras 155-164.

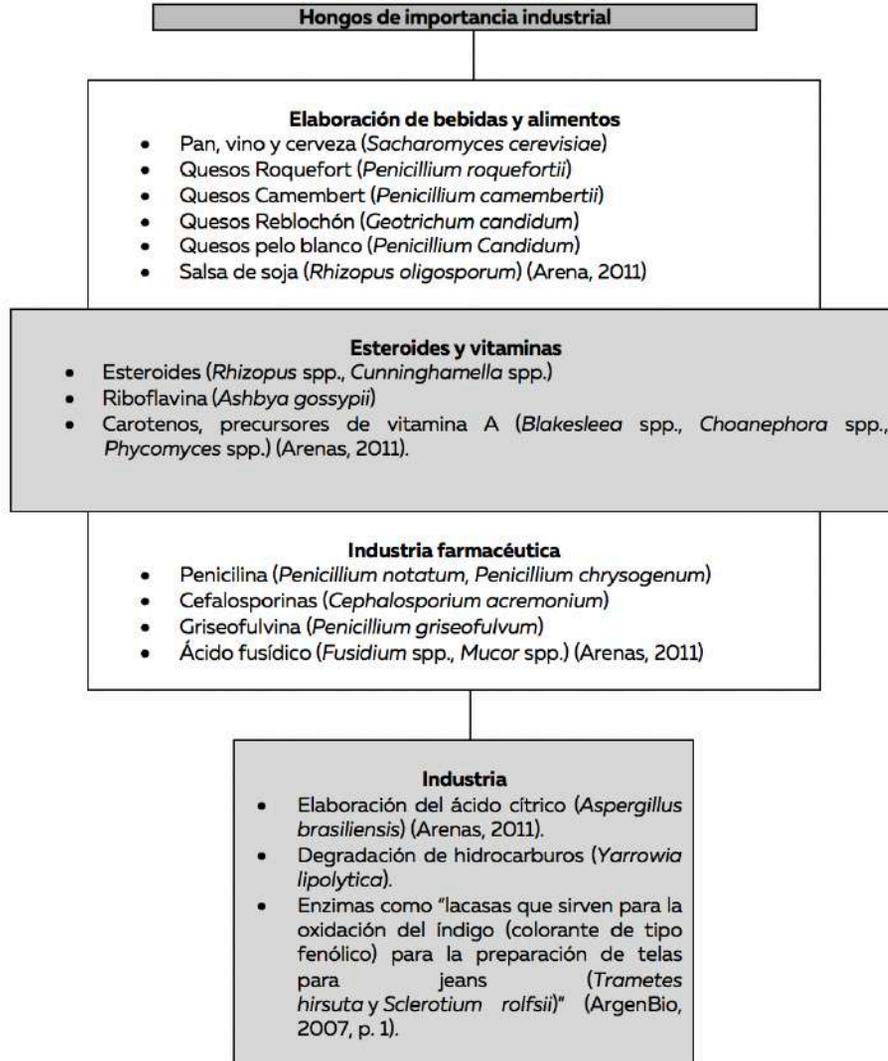


Figura 155. Hongos de importancia industrial.

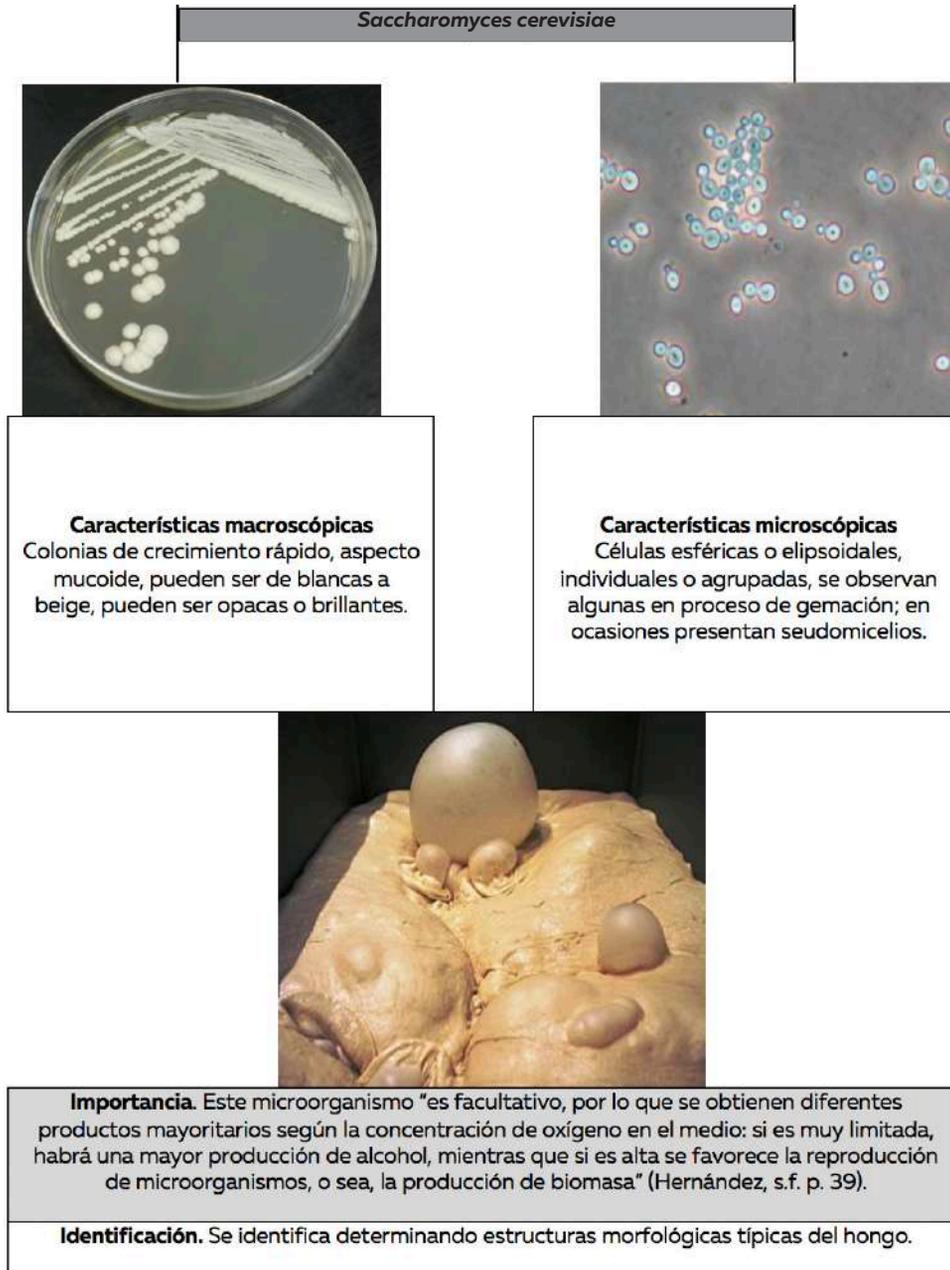


Figura 156. *Saccharomyces cerevisiae*.

Fuente: Características macroscópicas y características microscópicas: Watson, s.f.
Importancia: Vikidia, s.f.

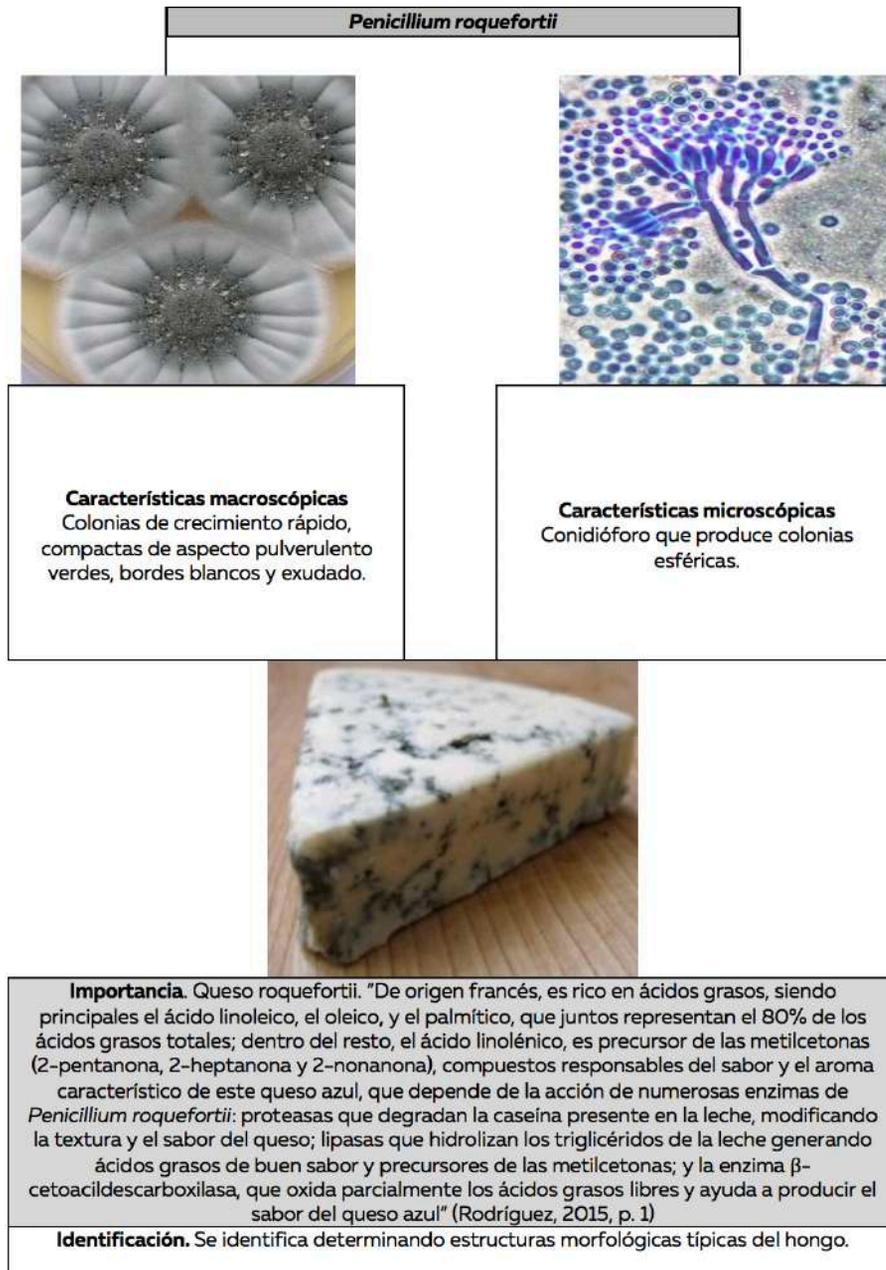


Figura 157. *Penicillium roquefortii*.

Fuente: Características macroscópica: Muséum National Naturelle, s.f.

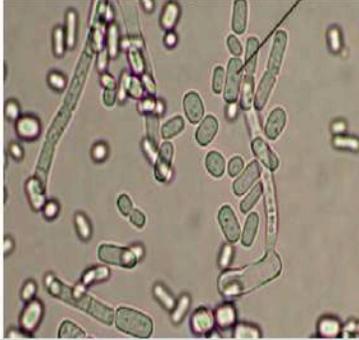
Características microscópicas: I'ESIAB, s.f.

Importancia: Atenas, 2015

Geotrichum candidum



Características macroscópicas
Los cultivos en medio de Sabouraud producen colonias de crecimiento lento, membranosas, planas, suaves y blancas (EcuRed, s.f. p. 1).



Características microscópicas
"Aparece en forma de artrosporas rectangulares de $5 \times 10 \mu$, o como células levaduriformes, ovoides y de paredes gruesas; ambas formas están presentes de manera característica. Las hifas se segmentan en artrosporas" (EcuRed, s.f. p. 1).



Importancia. Queso reblochón. Es blando y en la superficie crece el hongo, permitiendo la maduración desde la superficie al interior del mismo. Tienen coagulación enzimática, aunque los hay de coagulación láctico-enzimática e incluso láctica (Battro, 2010).

Identificación. Se identifica determinando estructuras morfológicas típicas del hongo.

Figura 158. *Geotrichum candidum*.

Fuente: Características macroscópicas y características microscópicas: Wolfe, 2015
Importancia: Reblochón, s.f.

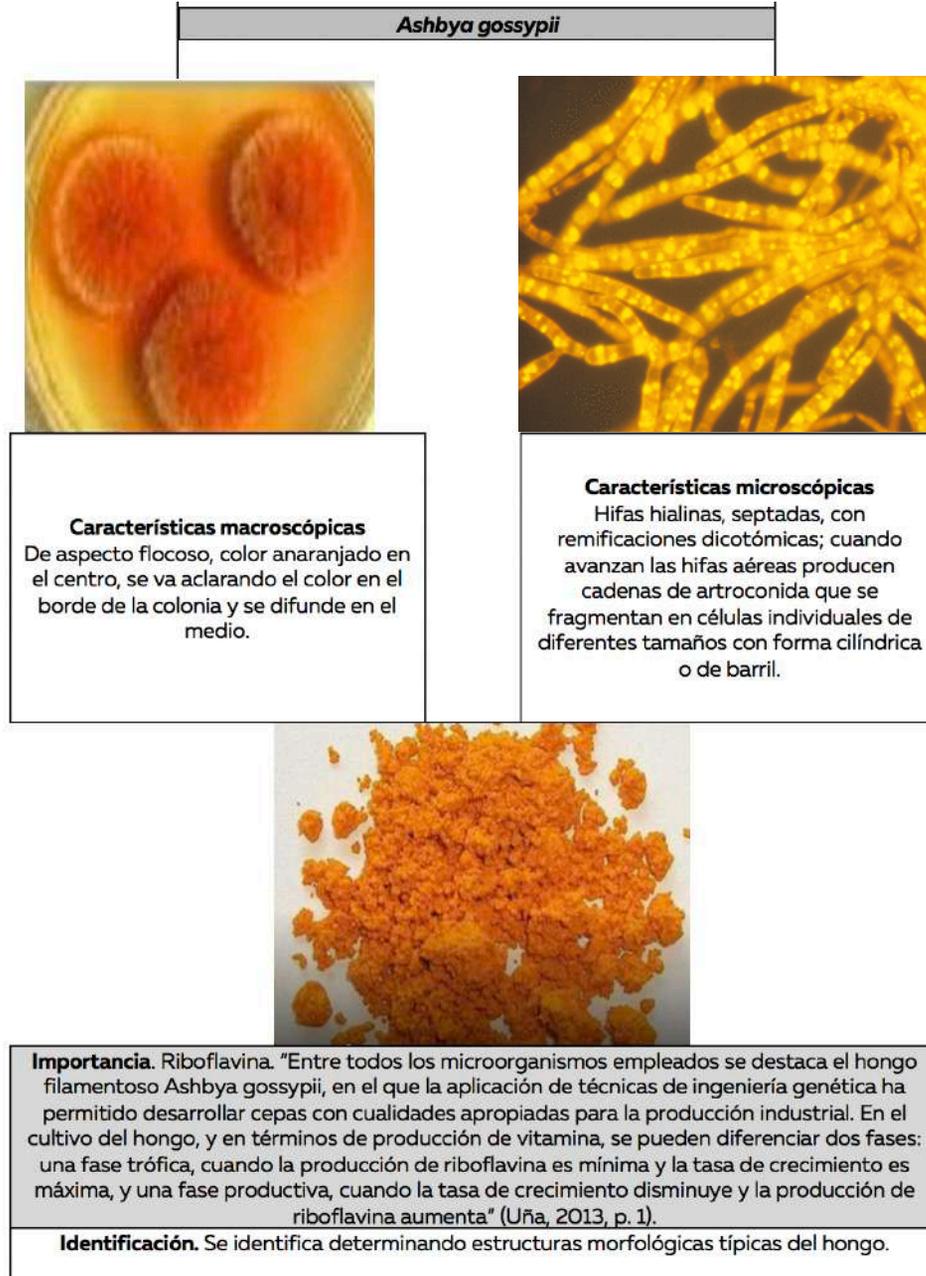


Figura 159. *Ashbya gossypii*.

Fuente: Características macroscópicas: Gisha, 2014
Características microscópicas e importancia: Rodríguez, 2015

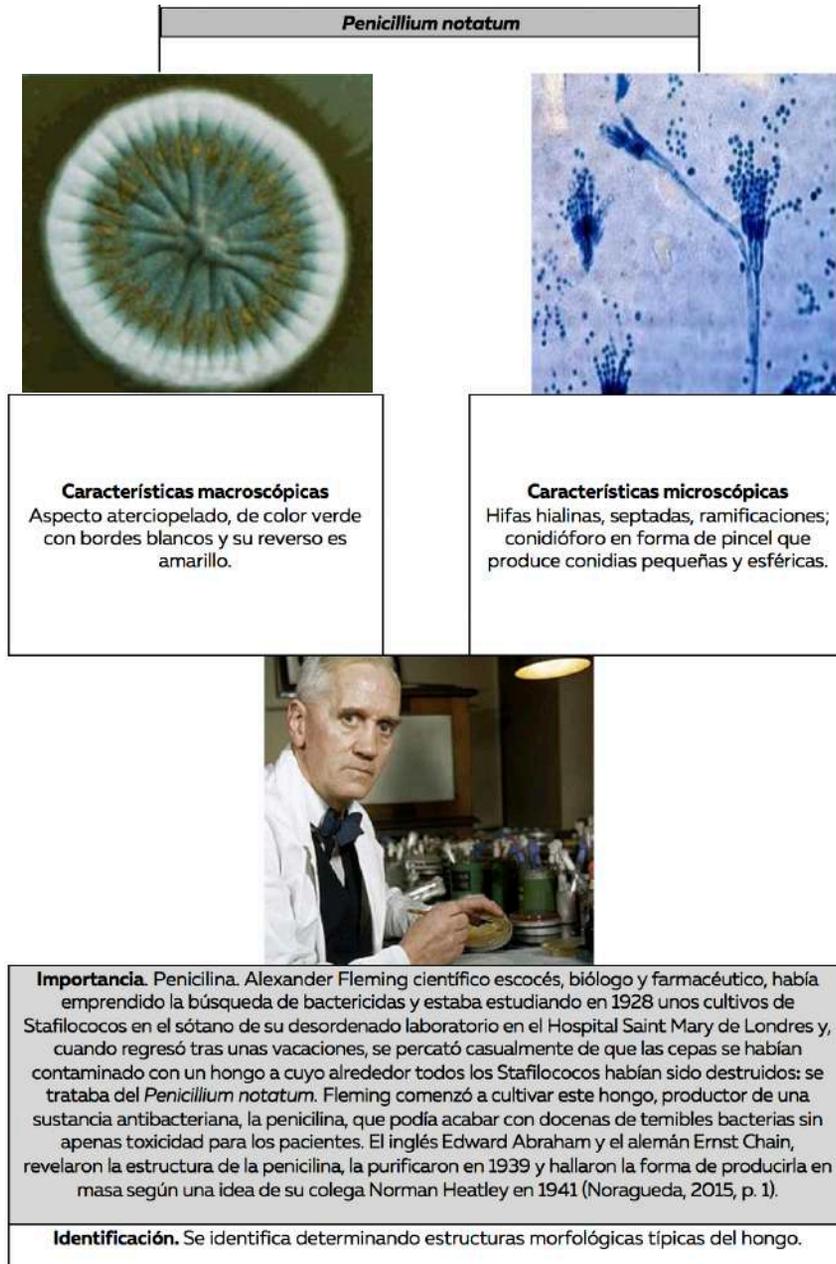


Figura 160. *Penicillium notatum*

Fuente: Características macroscópicas: Domínguez, L., V. J. A., 2015

Características microscópicas: *Penicillium Notatum* Gram, s.f.

Importancia: Enciclopedia Biográfica en Línea, s.f.

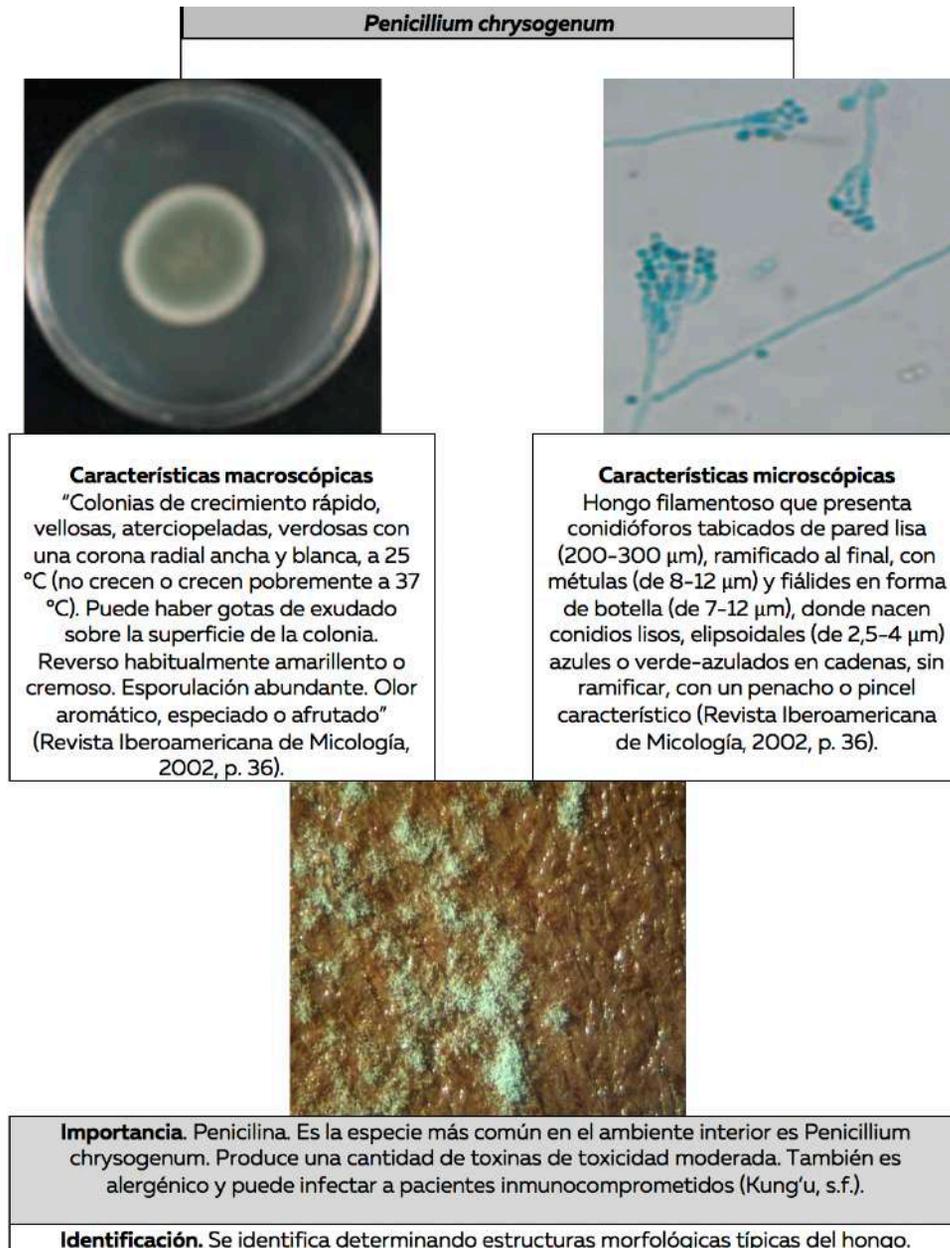


Figura 161. *Penicillium chrysogenum*.

Fuente: Características macroscópicas y características microscópicas: Revista Iberoamericana de Micología, 2002

Importancia: Mycota, s.f.

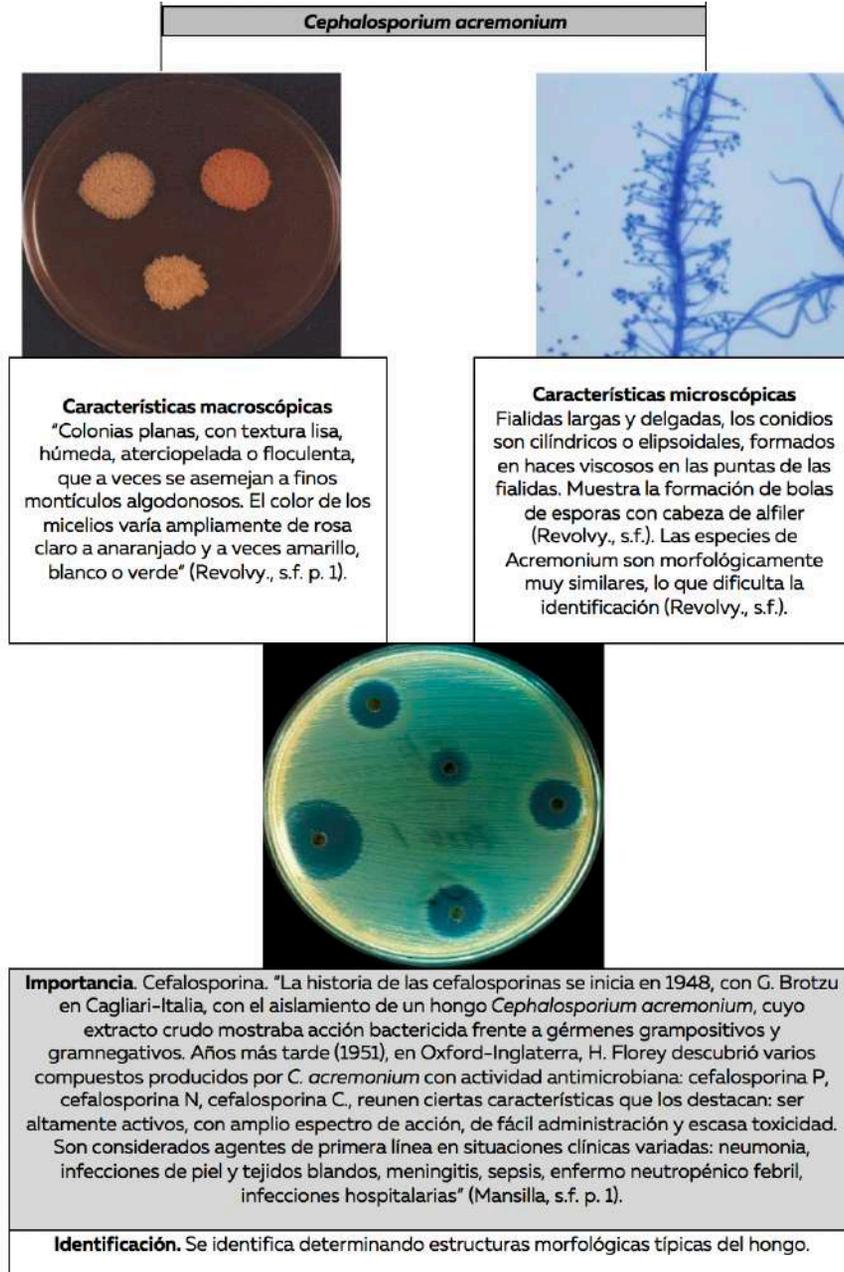


Figura 162. *Cephalosporium acremonium*.

Fuente: Características macroscópicas: Hamlyn, 1982

Características microscópicas: Ronenberg, 2009

Importancia: Centers for disease control and prevention, s.f.

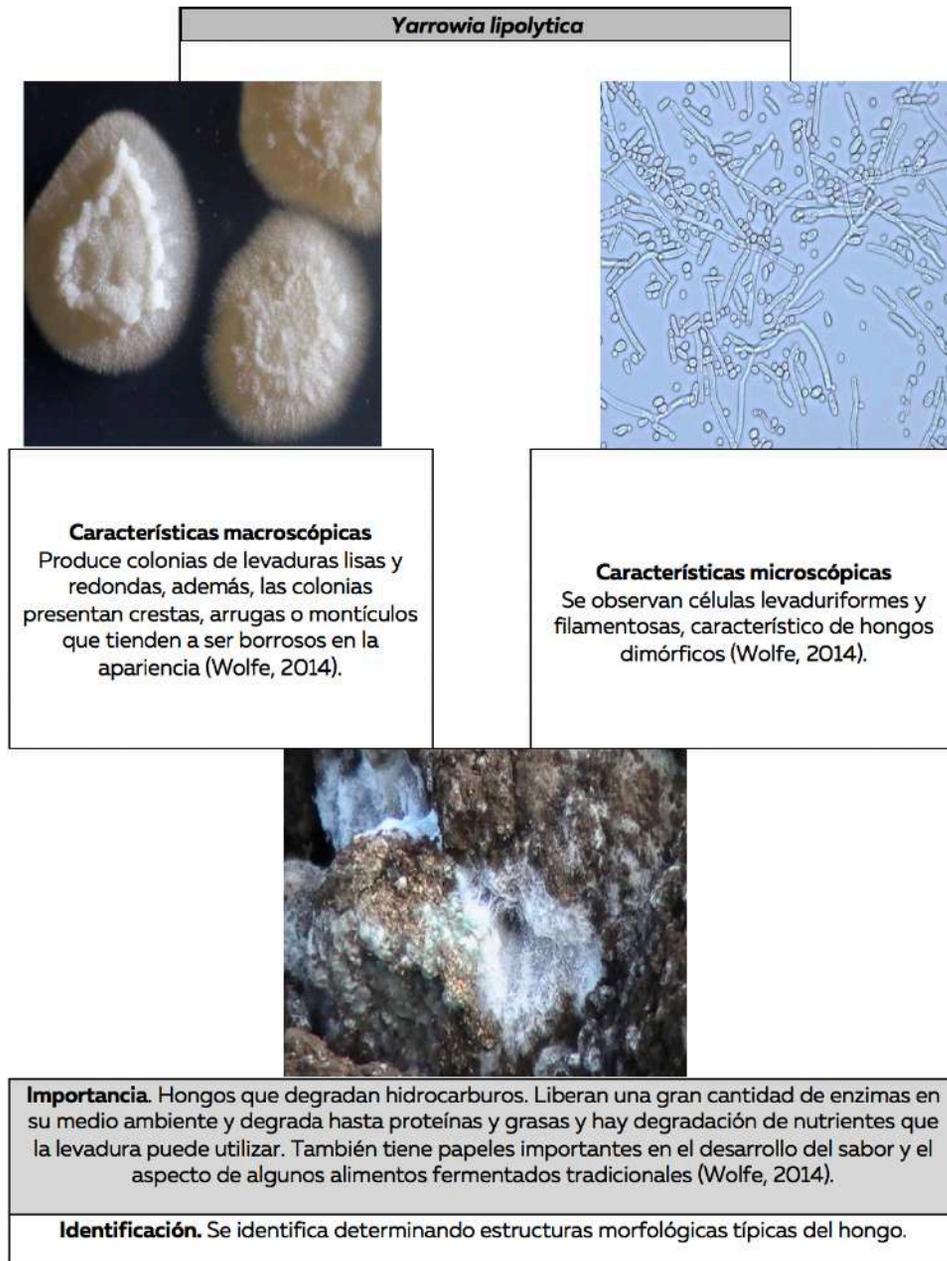
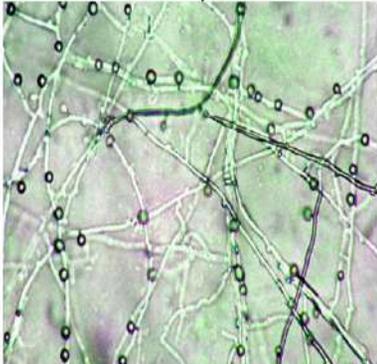


Figura 163. *Yarrowia lipolytica*.

Fuente: Características macroscópicas y características microscópicas: Wolfe, 2014

Importancia: Luna, s.f.

Pleurotus ostreatus

| | |
|--|---|
|  |  |
| <p>Características macroscópicas Hongo macromiceto. Micelio del hongo en sustrato de paja; micelio aéreo, aspecto algodonoso, crecimiento invasivo.</p> | <p>Características microscópicas Posee células secretoras por todas sus hifas.</p> |



| |
|--|
| <p>Importancia. Cuerpos fructíferos del hongo (parte comestible).</p> |
| <p>Identificación. Se identifica determinando estructuras morfológicas típicas del hongo.</p> |

Figura 164. *Pleurotus ostreatus*
Fuente: Cuesta y Jiménez, 2016.



Figura 165. *Lactarius indigo*.

Fuente: Características macroscópicas: Emaze, s.f.

Características microscópicas: Mycologista, 2010

Importancia: Chávez et al., 2009



G L O

S A

R I O

Absceso. Acumulación localizada de pus en una cavidad anormal, formada como resultado de la desintegración del tejido. Puede ser agudo o crónico y estar o no rodeado de una cápsula fibrótica.

Acantosis. Lesión histológica de la epidermis caracterizada por hipertrofia del estrato germinativo.

Adiaspora. Una célula grande, globosa, de pared gruesa que se deriva de una conidia de *Chrysosporium parvum*, que, al ser inhalada e introducida en los pulmones de hombres y animales, aumenta notablemente de tamaño pero que no llega a multiplicarse.

Adenopatía. Enfermedad de las glándulas, en especial de los ganglios linfáticos.

Aguda. Cuando los síntomas aparecen de repente y empeoran en poco tiempo.

Anamorfo. Una estructura de reproducción asexual o somática, especializada o generalizada, pero ni morfológica ni cariológicamente sexual. Es el estado asexual, conidial o imperfecto de un hongo.

Anatomopatológico. Estudio de las características de una muestra, que indica qué tipo de enfermedad padece.

Antracnosis. "Enfermedad producida por el "hongo *Colletotrichum gloesporioides* que presenta puntos oscuros en diferentes estados de desarrollo, que luego aumentan de tamaño hasta cubrir totalmente los frutos, hojasy tallos" (Botero et al., 1999, p. 55). Los hongos que la causan producen acérvulos.

Antagonismo. "Es la interacción de un agente de control biológico con un patógeno de plantas, en perjuicio del patógeno" (Botero et al., 2011, p. 422).

Anticuerpo. "Proteína soluble producida por las células B que interacciona con el antígeno; se denomina también inmunoglobulina" (Botero et al., 2011, p. 422)

Antígeno. Sustancia que induce la producción de anticuerpos.

Antropofílico. Que tiene una predilección por humanos. Término aplicado a los dermatofitos que tienen en los humanos a sus hospederos naturales; por tanto, muy rara vez infectan animales y no sobreviven en el suelo como hongos saprofitos, por largos períodos.

Asca. Estructura en forma de saco, característico de los *Ascomycetes*, dentro del cual se producen las ascosporas

Ascomicetos. Clase de hongo que se distingue por formar ascas.

Ascospora. Espora propia de los ascomicetos, que nace en el interior del asco. Germen reproductor de los hongos ascomicetos que son liberadas en el agua, aire u otro medio de propagación (Enciclonet 3.0, s.f.).

Ascostroma. Ascocarpo estromático que lleva las ascas directamente en lóbulos, dentro del estroma.

Aseptado. Que carece de septas.

Asexual. En los hongos, tipo de reproducción que no involucra cariogamia ni meiosis.

Asteroide. En forma de estrella, radiado.

Azul de lactofenol. "Es una tinción simple (un solo colorante) y como tal está basada en la afinidad del colorante por componentes de las células, en este caso por las estructuras fúngicas. Tiene tres características que lo hacen especial para observar dichas estructuras en los hongos del tipo moho obtenidos en los cultivos por aislamiento. El fenol destruye la flora acompañante. El ácido láctico conserva las estructuras fúngicas al crear, por decirlo de algún modo, una película que las protege provocado por un cambio de gradiente osmótico entre el interior y el exterior de dicha estructura y el azul de algodón tiene la capacidad de adherirse a las hifas y conidios de los hongos microscópicos" (Huertas, 2014, p. 1).

Basidio. Estructura especializada, en forma de porra, de los basidiomicetos, sobre la cual nacen las basidiosporas.

Blastospora. Espora producida mediante un proceso de gemación a lo largo de las hifas o por una célula aislada.

Blastoconidia. Conidia de reproducción asexual, que se origina por gemación, como la de las levaduras y algunos hongos filamentosos.

Beta caroteno. Pigmentos vegetales de color amarillo o naranja, pertenecen al grupo de los carotenoides, un tipo de flavonoides (se encuentran en las verduras y frutas); los Beta

carotenos son los precursores de la vitamina A. Al ingerirse se transforman en el hígado y en el intestino delgado en vitamina.

Cancro. "Lesión necrótica y con frecuencia profunda que se produce en tallos o ramas de una planta, con tendencia a extenderse y con escasa o nula cicatrización" (Andrés, 2015, p. 376).

Cápsula. Una cubierta hialina de mucopolisacáridos que rodea a una célula.

Cariogamia. Fusión de dos núcleos para formar el cigoto; corresponde a la segunda fase de la reproducción sexual, posterior a la plasmogamia y anterior a la meiosis.

Catenulado. Con una disposición en cadena o lineal.

Catéter. "Tubos usados en atención sanitaria para entregar medicaciones, los líquidos o los gases a los pacientes o a los líquidos corporales del desagüe tales como orina. Los ejemplos incluyen los dispositivos vasculares del acceso o los catéteres intravenosos, los catéteres urinarios y los tubos de desagüe del pecho. Se insertan generalmente en una cavidad de cuerpo, una tubería, o un vaso sanguíneo. Pueden ser tubos finos, flexibles llamados los catéteres suaves o catéteres más densamente y más inflexibles llamados los catéteres duros. Un catéter que se puede dejar en el cuerpo, si temporal o permanentemente, se refiere como catéter dejado en un órgano" (Mandal, 2014, p. 1).

Caquexia. "Es una condición médica que causa una pérdida de peso extrema, así como de músculo" (Romero, s.f. p. 1).

Células fumagoideas. Células redondas, de pared gruesa, en ocasiones septadas de color pardo; son células diagnósticas de la cromomicosis (Romero, 2007).

Cenocítico. Término que se aplica a una célula o a una hifa sin tabicar que contenga numerosos núcleos.

Citocinesis. División del citoplasma.

Coenocítico. Que tiene una célula, una hifa individual u otra unidad estructural que contiene numerosos núcleos.

Columela. "Parte ramificada estéril, que se encuentra en la gleba de algunos hongos" (Sánchez, 2012, p. 269); a menudo una prolongación del talo.

Consuntiva. Que tiene la propiedad de consumir.

Cosmopolita. Que es común a todos o a la mayoría de los países.

Crioprotectante. Sustancia que previene el daño por el frío en los tejidos al desplazar el agua que se encuentra intra e intercelularmente. Esta remoción de agua evita la ruptura de las membranas en las células.

Crónica. Afecciones de larga duración y generalmente de progresión lenta.

Cuerpo fructífero. Un órgano especializado productor de esporas.

Cultivo. Una población de microorganismos cultivada en un medio.

Cutinasas. Enzimas que catalizan la hidrólisis del polímero lipídico cutina (componente estructural de la cutícula de las plantas).

Dematiáceo. Pigmentado. Se dice de los hongos que poseen la pared celular de conidias, esporas o hifas pigmentadas de color oscuro (café o negro).

Detrito. Restos o residuos.

Dicarión. Que poseen dos núcleos capaces de complementarse genéticamente.

Dicótomo. Que se divide en dos ramas más o menos iguales.

Dictiospora. Espora dotada de tabiques transversales y longitudinales (Asociación Micológica de la Roda, 2012).

Dilución. Rebajar la concentración a una solución.

Dimorfismo. Que existe en dos formas.

Diploide. Que contiene un número $2n$ de cromosomas.

Deshidrosis. "El eccema dishidrótico o dishidrosis, también llamado ponfólix, se encuentra englobado dentro del grupo de los eccemas vesiculosos palmoplantares" (García et al., 2006, p. 70).

Ecio. "O ecidio: cuerpo fructífero en forma de copa, constituido por células hifales binucleadas, perteneciente a las royas" (Andrés, 2015, p. 376).

Ectotrix. Invasión natural del cabello por un dermatofito, caracterizada por destrucción de la cutícula.

Eccema. Afección inflamatoria aguda o crónica de la piel, que ofrece diversidad de causas y lesiones, entre las cuales las más constantes son: eritema, vesiculación, exudación y costras o liquenificación y escamas. Con frecuencia existen fenómenos generales como malestar y fiebre, junto con manifestaciones locales de ardor y prurito (González, 2013, p. 8).

Emergente. Que crece o aparece con fuerza.

Endotrix. Invasión natural del cabello por un dermatofito, caracterizado por el desarrollo de hifas y arthroconidias en el interior del cabello; la cutícula permanece intacta.

Endemia. Una enfermedad propia de una población, una localidad o una región, con un patrón estacional y temporal característico.

Endoftalmitis. Infección que afecta a todo el globo ocular.

Entomopatógeno. Organismo que produce una patogénesis letal en insectos o arácnidos.

Enzimas. Proteínas que catalizan reacciones químicas en los seres vivos.

Epidemiología. "Es la ciencia que estudia la frecuencia de aparición de la enfermedad y de sus determinantes en la población. Su interés se centra en la población, para conocer quién enferma, dónde enferma y cuándo enferma, como pasos necesarios para llegar a conocer el por qué de la distribución del fenómeno salud-enfermedad y la aplicación de este conocimiento al control de los problemas sanitarios" (Ibañez, 2007, p. 1).

Equinulado. Que tiene espinas pequeñas.

Eritema. "Término médico dermatológico que se caracteriza por enrojecimiento e inflamación de la piel, debido a exceso de riego sanguíneo por vasodilatación. El eritema es un síntoma de distintas enfermedades infecciosas y de la piel. El eritema es normalmente el signo más visible de una inflamación y abarca frecuentemente un área

pequeña, una especie de areola pequeña alrededor del lugar de "disparo de la sensación", por ejemplo, una pápula o pústula de acné" (EcuRed, s.f. p. 1).

Esclerotes de medlar. Células muriformes en escamas o tejido, también conocidas como células escleróticas, monedas de cobre en cromomycosis (González et al., 2013, p. 1).

Espora. Cuerpo resistente formado por ciertos microorganismos, una célula de reposo resistente.

Esporidio. Célula originada por un proceso de gemación de las ascosporas en el interior del asco.

Esporulación. El proceso de formación de esporas.

Estado vegetativo. El estado de crecimiento activo, en oposición a los estados de reposo o de espora.

Esterigma. Pequeño pedicelo que soporta esporas (Peña y Páez, s.f. p. 5).

Estilete. Pequeño punzón que se utiliza para manipular hongos.

Estoma. Abertura microscópica del tejido epidérmico de vegetales superiores, especialmente de las hojas y parte verdes, por donde se verifica el intercambio de gases entre la planta y el exterior.

Estroma. Estructura somática compacta sobre o dentro de la cual se forman fructificaciones.

Étnico. Relativo a la raza o étnia.

Fiálide. Célula conidiógena en forma de frasco.

Fibrina. "La fibrina (polímero del fibrinógeno) es una malla proteica constituyente del tapón hemostático. Esta red se caracteriza principalmente por su estructura espacial, las dimensiones de sus fibras, el grado de ramificación, porosidad, elasticidad y rigidez, propiedades que dependen de factores como temperatura, concentración de iones y otras sustancias plasmáticas, pero principalmente de fibrinógeno, trombina y factor XIII" (Lauricella, 2007, p.1).

Fístula. "Trayecto patológico congénito o adquirido que pone en comunicación anormal dos órganos entre sí (fístula interna) o con el exterior (fístula externa). Comunicación anómala artificial, quirúrgica o experimental, de un órgano con el exterior a través de un orificio cutáneo o mucoso, o con otro órgano" (González, 2013, p. 11).

Fitopatógeno. Patógeno de plantas.

Flocoso. Aspecto lanudo de la superficie de una colonia.

Fototropismo. Movimiento de ciertos microorganismos como respuesta al estímulo de la luz.

Fungemia. "Corresponde al aislamiento de hongos en el torrente sanguíneo y ocurre, sobre todo, en pacientes inmunosuprimidos. El diagnóstico y tratamiento precoz de estas infecciones son relevantes ante la grave amenaza a los pacientes afectados y posible diseminación vía hematogena a otros órganos, haciéndose a menudo fatal" (Márquez et al., 2011, p.1).

Fusiforme. En forma de huso.

Geofílico. Que crece en el suelo.

Glicoproteínas. "Son proteínas (principalmente las proteínas intrínsecas de membrana y de secreción) que son modificadas después de la traducción para unir covalentemente una parte oligosacárida. Puesto que hay una gran cantidad de azúcares, los cuales contienen una gran cantidad de grupos funcionales dispuestos en conformaciones diversas que pueden servir como potenciales sitios de unión, la estructura de los oligosacáridos unidos a las proteínas es enormemente variada y compleja y por tanto, muy rica en información, sobre todo, si se compara con polímeros lineales o plegados tales como el ADN o las proteínas" (EcuRed, s.f. p. 1).

Glucanos. Es el polisacárido estructural más importante de la pared y representa el 50-60% del peso seco de esta estructura. La mayoría de los polímeros de glucano están compuestos de unidades de glucosa con uniones β -1,3 (65-90%), aunque también hay glucanos con enlaces β -1,6 (en *Candida*, pero no en *Aspergillus*) (Pontón, 2008, p. 79).

Granulocitopenia. "Es una afección poco frecuente que se manifiesta cuando la médula ósea produce una cantidad insuficiente de neutrófilos, los glóbulos blancos necesarios para combatir las infecciones. La mayor parte de los glóbulos blancos son neutrófilos,

los cuales constituyen una parte fundamental del sistema inmunitario. Por lo general, son los primeros inmunocitos en llegar al lugar de cualquier infección, donde consumen y destruyen a los invasores nocivos" (Colledge y Solan, 2012, p. 1).

Granulomatosos. Formación de abscesos y granulomas.

Hábitat. Entorno natural de un organismo.

Haploide. Célula u organismo cuyos núcleos tienen un solo juego completo de cromosomas (Peña y Páez, s.f. p.6).

Hemocele. "Cavidad situada en el cuerpo de los artrópodos y de ciertos invertebrados, caracterizada por la presencia de hemolinfa (tipo de celoma), haciendo que haya una prolongación del sistema circulatorio" (Hemocele, n.d).

Hemocultivo. Cultivo microbiológico de la sangre.

Hialino. Sin color, transparente.

Hifa dicótoma. Filamento que se ramifica en dos ramas más o menos iguales.

Hifa. Filamento vegetativo que constituye la unidad estructural de los hongos.

Hipertrofia. Desarrollo exagerado de los elementos anatómicos de una parte u órgano sin alteración de su estructura, que da por resultado el aumento de peso y volumen del órgano (González, 2013, p. 13).

Hipoplasia. Desarrollo incompleto o detenido de un órgano o parte de este.

Histiocitos. Es la proliferación de células relacionadas con el sistema macrófago-monocito, es decir, las células presentadoras de antígenos.

Hongos imperfectos. Hongos que no poseen un ciclo sexual.

Hongos perfectos. Hongos que poseen un ciclo de vida asexual y un ciclo sexual.

Hospedador. Un organismo que alberga a otro, como parásito o como un agente infeccioso.

Incubación. Período entre la inoculación y la aparición de los primeros síntomas.

In vitro. Pertenecientes a experimentos biológicos realizados en tubos de ensayo u otras vasijas de laboratorio.

Infeción. Una condición patológica debida al crecimiento de microorganismos en un hospedador.

Isodiamétricas. Células que tienen sus tres dimensiones casi iguales.

Kerion. "Es un tipo inflamatorio de tinea capitis. Se ve a menudo con dermatofitos ectotrix zoofilicos como *Microsporum canis*, pero cada vez más es causada por infecciones endotrix como *T. tonsurans*, especialmente en áreas urbanas (Grijzen y de Vries, 2017, p.1). Es causada por una reacción de hipersensibilidad mediada por células T al dermatofito causante (Grijzen y de Vries, 2017, p.1) Se caracteriza por una tumefacción supurada, eritematosa y dolorosa con alopecia asociada y linfadenopatía regional y a menudo se diagnostica erróneamente como una infección bacteriana. El retraso en el tratamiento puede ocasionar la pérdida permanente del cabello (Grijzen y de Vries, 2017, p.1).

Latencia. Período entre la inoculación y la aparición de los primeros signos del patógeno.

Líquenes. Asociación de hongos y algas.

Lizosima. Se encuentra en muchos organismos como virus, insectos, anfibios, reptiles, aves y mamíferos, produciéndose en multitud de tejidos y fluidos, incluyendo huevos de aves, leche humana, lágrimas, saliva y es además secretada por leucocitos polimorfonucleares (Carrillo, 2013, p. 315). En los humanos, la lizosima juega un rol muy importante en la defensa frente a las infecciones (Carrillo, 2013, p. 315).

Lóculo. Una cavidad dentro de un ascostroma.

Macroscópico. Visible sin ayuda de un microscopio.

Mácula. Área plana, circunscrita, que se destaca del área que la rodea por cambio en la coloración de la piel. Mancha.

Mal del talluelo. Una enfermedad de las plántulas que hace que estas se pudran a nivel del suelo.

Mananos. Carbohidratos derivados de la pared de la célula de la levadura *Saccharomyces cerevisiae*; es un azúcar reconocido por ciertas bacterias (Basay et al., 2014).

Mentagra. Enfermedad parasitaria de partes del rostro del hombre, en especial de la barba.

Metabolito. Sustancia producida durante el metabolismo.

Métula. Rama secundaria del conidióforo del *Penicillium* que sostiene las fiálides.

Micelio. Aparato vegetativo de los hongos, en el que aparecen los conidióforos o las esporas de resistencia, formado por filamentos más o menos agrupados denominados hifas (Andrés, 2015, p. 377).

Micetoma. Enfermedad caracterizada por tumefacción del pié, en el cual se desarrollan nódulos, seguido de una colección de pus y formación de senos.

Micorriza. Asociación de hongos y raíces de plantas.

Micosis. Una enfermedad causada por hongos.

Micotoxina. Son las sustancias liberadas por los hongos (micromicetos) en su crecimiento micelial, que resultan tóxicas al ingerirse (Romero, 2007, p. 1249).

Micra (Micrómetro), μL . Unidad de longitud equivalente a una milésima parte de un milímetro.

Microorganismo oportunista. Un microorganismo que existe como parte de la microbiota normal, pero que se convierte en patógeno cuando se transfiere desde el hábitat normal a otras áreas del hospedador o cuando está reducida la resistencia del hospedador.

Mieloma. Tumor formado por células de la médula ósea.

Mildiu. Enfermedad fungosa de las plantas en las que el micelio y las esporas tienen una apariencia blanquecina sobre la superficie del hospedante (Peña y Páez, s.f. p. 8).

Mitospórico. Con ausencia de estado sexual.

Mucilaginoso. Mucoso y adhesivo.

Mutación. “Es el cambio de una característica de un organismo que se presenta súbita y espontáneamente y que se transmite (o no) a la descendencia. La unidad genética capaz de mutar es el gen (unidad de información hereditaria que forma parte del ADN). Por lo tanto, mutación es la alteración (adición, pérdida o cambio) de la secuencia de nucleótidos del ADN (o en el caso de virus, del ARN)” (Mercadal, s.f. p. 1).

Necrosis. Muerte.

Neutrófilos (polimorfonucleares). Son glóbulos blancos de tipo granulocito y son los leucocitos más abundantes de la sangre en el ser vivo.

Onicolisis. Desprendimiento de la placa ungueal.

Onicomycosis. Una infección de las uñas ocasionada por levaduras, por mohos o por ambos.

Ostíolo. Apertura del órgano de fructificación de los hongos por el cual se liberan las esporas (Andrés, 2015, p. 378).

Paroniquia. Inflamación del tejido que rodea las uñas de los pies o de las manos.

Plasmodio. Masa de plasma plurinuclear originada por la fusión de varias células; se desplaza con movimientos lentos de reptación a modo de ameba.

Parásito. Organismo que vive en y se alimenta de otro organismo viviente.

Patógeno. Un organismo capaz de producir enfermedad.

Piriforme. Con forma de pera.

Polifilético. Perteneciente o relativo a un grupo taxonómico que consiste de miembros que tienen en común una característica que evolucionó separadamente en diferentes lugares del árbol filogénico (Glosbe, s.f. p. 1).

Polisacáridos (glúcidos). Constituidos por un gran número de monosacáridos unidos mediante enlaces glucosídicos, formando largas cadenas. Los polisacáridos pueden ser homopolímeros, cuando la unidad repetitiva es un solo tipo de monosacárido, o heteropolímeros, cuando las unidades repetitivas están constituidas al menos por dos monómeros diferentes (UNAM. Portal Académico, 2017, p. 19)

Protoplasma. Parte de la célula que está limitada por la membrana citoplasmática e incluye el citoplasma y el núcleo.

Purulenta. Que tiene pus.

Pus. El producto fluido de la inflamación, que contiene suero, bacterias, células muertas y leucocitos.

Queloides. En el proceso de curación, nuestra piel tiene unos mecanismos para cerrar la herida. Entre esos mecanismos está el de la formación de colágeno para cicatrizar. Ese colágeno lo componen unas células que se llaman fibroblastos, dentro de nuestra piel, en la dermis. En el queloides, esos fibroblastos reaccionan de forma anómala y crean sin control mucho más colágeno que no está correctamente formado (Milán, 2015, p. 1).

Queratina. Proteína rica en azufre que constituye la parte fundamental de las capas más externas de la epidermis y de tejidos como las uñas, el pelo, las plumas, las pezuñas o los cuernos" (Claire, 2016, p. 1).

Querión. Inflamación pustular, severa, que involucra los folículos pilosos y la piel aledaña.

Quiste. "Es un término que proviene de un vocablo griego que significa "vejiga". En el ámbito de la medicina un quiste es una vejiga membranosa que se desarrolla de manera anormal en distintas partes del cuerpo y que alberga materias alteradas o líquido" (Pérez y Merino, 2010).

Quitina. El mayor componente de las paredes celulares de los hongos. "se sintetiza a partir de N-acetil glucosamina por la enzima quitin sintasa, que deposita los polímeros de quitina en el espacio extracelular próximo a la membrana citoplásmica. El contenido en quitina de la pared fúngica varía según la fase morfológica del hongo" (Pontón, 2008, p. 79).

Saprófito. Organismo que emplea materia orgánica en descomposición como fuente de alimento.

Simbiosis. Son las relaciones interespecíficas que se dan entre individuos de diferentes especies (Querol, 2015).

Sarna. "Cuadro que causa picazón en la piel provocada por el ácaro microscópico *Sarcoptes scabiei*. Es común en todo el mundo y afecta a las personas de todas las razas

y clases sociales. La sarna se disemina rápidamente en lugares con mucha gente en los que hay contacto frecuente con la piel de otras personas” (MedlinePlus, 2017, p. 1).

Seborrea. Es el incremento patológico de la secreción de las glándulas sebáceas de la piel, acompañado por una inflamación crónica que produce escamas, prurito y eritema de la zona afectada. Esta hipersecreción ocurre en el cuero cabelludo, lo que engrasa el cabello y puede acelerar la caída del pelo (Pérez y Merino, 2008, p. 1).

Seudomicelio. Grupos catenulados laxamente unidos de células formadas por gemación apical que, cuando son alargadas, parecen a hifas miceliales.

Seudohifa. Es en esencia una cadena de blastoconidias más cilíndricas que la célula madre clásica y que permanecen adheridas formando un filamento semejante a una hifa. Entre una y otra blastoconidia aparece una depresión o estrechamiento.

Septo. Un tabique transversal de una hifa en un hongo.

Signo. Patógeno o sus partes o productos que se observan sobre una planta hospedante (Peña y Páez, s.f. p. 11).

Síntoma. Reacciones o alteraciones internas o externas que sufre una planta como resultado de su enfermedad (Peña y Páez, s.f. p. 11).

Soro. Masa de esporangios o de esporas (Andrés, 2015, p. 378).

Sepsis. Complicación potencialmente mortal de una infección.

Tálico. Conidias que se originan de la transformación de una célula, o compartimento entero ya existente en una hifa o en un conidióforo. El proceso de transformación y producción de la conidia es precedido por la formación del septo que la delimita.

Tejido subcutáneo. Formado por tejido conectivo laxo y grasa, contiene las partes más profundas de las glándulas sudoríparas, vasos sanguíneos, linfáticos y los nervios cutáneos que se distribuyen en la piel; proporcionan el tono cutáneo y son responsables de la fuerza y la resistencia de la piel (Moore y Agur, 2007).

Termotolerante. Que tolera determinada temperatura.

Tiña. Enfermedad causada por hongos; produce calvas.

Tubo germinativo. Tubo que brota de un espora germinativo y se convierte en el micelio.

Verruga. Representa un engrosamiento o proyección de la epidermis. Excrecencia callosa.

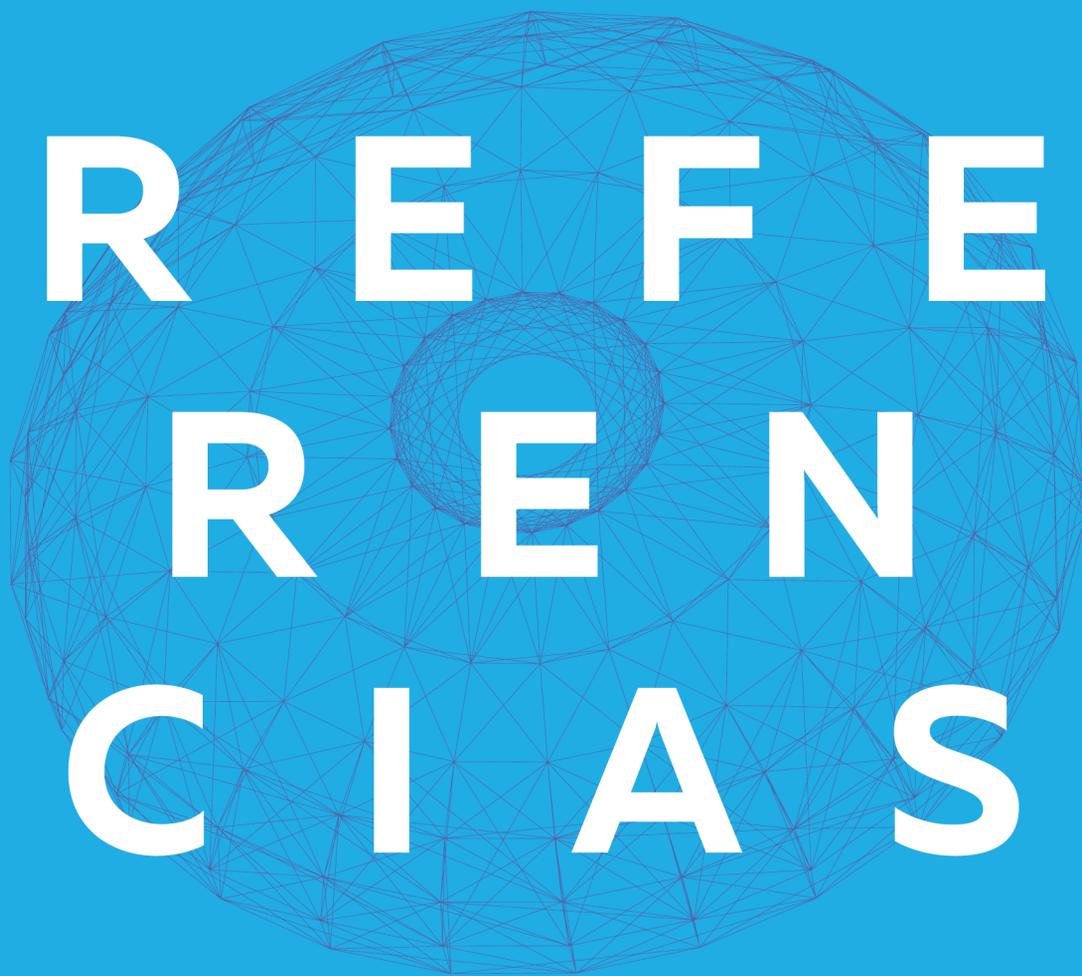
Vesícula. Ampolla cutánea, menor de un cm de diámetro formada por la elevación circunscrita de la epidermis, llena de líquido seroso.

Virulencia. Grado de patogenicidad.

Zoofilico. Que preferentemente infecta animales, aunque ocasionalmente al hombre puede infectarse de los animales enfermos y transmitir la enfermedad a otro hombre o animal.

Zoospora. Espora flagelada móvil.

Zygomycota. Phylum de hongos que producen zigosporas.



R E F F E

R E N

C I A S

- Abarca, M. (2000). Taxonomía e identificación de especies implicadas en la aspergilosis nosocomial. *Revista iberoamericana de micología*, (17), 79-84. Recuperado de: <http://www.fba.org.ar/panel-gestion/InformeResultado/MI/mi33.pdf>
- Abrodos, R. (2015). *Relatos del pasado*. Recuperado de http://www.octavaseccion.com/nota.asp?n=2015_12_4&id=21989&id_tiponota=3
- Adarme, V. y Rincones, L. (2008). *Evaluación de cuatro antimicrobianos para el control de levaduras contaminantes de un proceso de fermentación de ácido cítrico*. Bogotá: Universidad Javeriana. Recuperado de: <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis140.pdf>
- Agrios, G. (1995). *Fitopatología*. México: Limusa.
- Agromática (s.f). Antracnosis, la enfermedad en los cultivos. Solanaceas y resto de hortícolas. Recuperado de: <https://www.agromatica.es/protegete-de-la-temible-antracnosis/>
- Antracnosis: la enfermedad en los cultivos. (s.f). En *Agromática*. Recuperado de <http://www.agromatica.es/protegete-de-la-temible-antracnosis/>
- Aguaysol, N., Robles, T., González, V., Lobo, Z. y Ploper, L. (2014). Detección de *Sclerotinia sclerotiorum* en cultivos de chía (*Salvia hispanica*) en Tucumán durante la campaña 2014. *Avance Agroindustrial* 35(4). Recuperado de: <http://www.eeaoc.org.ar/upload/publicaciones/archivos/479/20150122101431000000.pdf>.
- Aguilar, H. (2010). Carlos Spegazzini: Un botánico entre nosotros. En *Apuntes de historia natural, noticias de la naturaleza y algo más*. Recuperado de: <https://historianatural.wordpress.com/2010/06/15/carlos-spegazzini-un-botanico-entre-nosotros/>
- Al Aboud, A. y Al Aboud, K. (2013). A mini-review on eponyms in the dermatology literature linked to France. *Our dermatol online*, 4(2), 440-443. Recuperado de: <http://www.odermatol.com/issue-in-html/2013-3-2s-eponymsfr/>
- Al Aboud, D. (2012). The men behind incontinentia pigmenti. *Our dermatol online*, 3(4), 382-383. Recuperado de: <http://www.odermatol.com/2012-4-30-the-men-behind/>

- Alexopoulos, C. (1979). *Introducción a la Micología*. Buenos Aires: Eudeba Editorial Universitaria.
- Allen, T., Martínez, A. y Burpee, L. (2004). Quemazón del césped por *Pythium*. *The plant health instructor*. Recuperado de: <https://www.apsnet.org/edcenter/intropp/lessons/fungi/Oomycetes/Pages/PythiumBlightEsp.aspx>
- Allevato, M.A. (2005). Tiña capitis. *Act terapéuticas dermatológicas*, 28(138). Recuperado de: http://www.atdermae.com/pdfs/atd_28_02_05.pdf
- Almodóvar, W. I. (2008). Enfermedades en las plantas. Organismos Patógenos, Identificación y Diagnóstico. En *Clínica al Día*. Colegio de Ciencias Agrícolas. Recuperado de http://academic.uprm.edu/walmodovar/HTMLobj-268/Enferm_en_las_Plantas_pat_genos_ID_y_diagn_stico.pdf
- Alonso, J. (s.f.). *Clasificación y descripción de los hongos*. Recuperado de: http://www.smlucus.org/UserFiles/Files/curso/3TAXONOMIA_Y_CLASIFICACION_DE_LOS_HONGOS.pdf
- Álvarez, A., Rodríguez, C., Hortas, G. y San Miguel, F. (2005). Mucormicosis por *Rhizopus oryzae* en paciente con diabetes atípica. *Enfermedades Infecciosas y Micología Clínica*, 23(9).
- Álvarez, P., García, V., Mora, H., González, D. y Salgado, S. (2013). Estado Actual de *Peronospora sparsa*, Causante del Mildiu Velloso en Rosa (*Rosa* sp.). *Revista Mexicana de Fitopatología*, 3(2). Recuperado de: <http://www.redalyc.org/html/612/61231509004/>
- Ancco, M. (2017). *Morfología de los hongos*. Recuperado de: <https://es.scribd.com/document/350463154/Morfologia-de-Los-Hongos>.
- Andrade, A. y Mendoza, T. (2013). Mucormicosis rinoorbitocerebral por *Rhizomucor pusillus* en una paciente diabética. *Revista de la Sociedad Peruana de Medicina Interna*, 26 (2). Recuperado de: <http://www.medicinainterna.org.pe/pdf/O8.pdf>.
- Andrés, A. (2015). *Plantas leñosas ornamentales: control de enfermedades producidas por hongos y cromistas*. España: Ediciones Mundi Prensa.

- Anell, J. (2014). Pehr Henrik Malmsten. En *GENI*. Recuperado de: <https://www.geni.com/people/Pehr-Henrik-Malmsten/6000000006823016267>
- Antón, A. y Lizaso, J. (s.f.). *Hongos y micotoxinas*. Recuperado de http://www.adiveter.com/ftp_public/articulo578.pdf
- Arango, A. y Castañeda, Del G. (2003). *Micosis humanas. Procedimientos diagnósticos exámenes directos*. Bogotá: Corporación para Investigaciones Biológicas CIB e Instituto Nacional de Salud INS.
- Arauz, C. (1998). *Fitopatología: Un enfoque agroecológico*. Costa Rica: Editorial de la Universidad de Costa Rica.
- Arenas, G. (2014). *Micología médica ilustrada. Generalidades de los hongos. Dermatofitosis*. México: McGraw-Hill Interamericana.
- Arenas, G. (2011). *Micología Médica Ilustrada. Historia de la Micología. Reproducción de los hongos*. México: McGraw-Hill Interamericana.
- Arenas, G. (2008). *Micología Médica Ilustrada. Generalidades*. México: McGraw-Hill Interamericana.
- Arencibia, A., Rosario, F. y Gámez, M. (2008). *Métodos generales de conservación de microorganismos*. Cuba: Finlay ediciones.
- Las enzimas en la industria textil (2007). En ArgenBio. Recuperado de: <http://www.argenbio.org/index.php?action=novedades¬e=241>
- Arries, J. (2008). *Joseph Pitton de Tournefort*. Recuperado de: http://www.arries.es/la_cripta/vampirologos/tournefort.html
- Ascospora o ascosporarecuperado. (n.d). En Enciclonet 3.0. Recuperado de: <http://www.enciclonet.com/articulo/ascospora/>
- Asz-Sigall, D., Solis, A., Martha P. y Arenas, R. (2015). *Estructuras nodulares del pelo*. Recuperado de: <http://www.medigraphic.com/pdfs/derrevmex/rmd-2015/rmd155i.pdf>

- Atlas de microbiología (s.f). Recuperado de <https://microbiologie.umftgm.ro/atlas/>
- Audersik, T. y Audersik, G. (1997). *Biología. La vida en la tierra*. México: Prentice Hall Hispanoamericana.
- Azzad's, E. (s.f.). *Cell History*. Recuperado de: <http://elenaazzadbiology1.weebly.com/history-of-cell-discovery.html>
- Sutton, B. C. (1995). Arthur Henry Reginald Buller (1874 - 1944). En *Dictionary of the Fungi*. Recuperado de: <http://www.mushroomthejournal.com/greatlakesdata/Authors/Buller682.html>
- Barnes, L. (1994). The role of plant clinics in disease diagnosis and education. A North American Perspective. *Annual Review of Phytopathology*, (32), 601-609.
- Barnett, H. & Hunter, B. (1972). *Illustrated Genera of Imperfect fungi*. Minneapolis: Burgess Publishing Company.
- Bartolini, L. (s.f). *Entomophthora muscae*. Recuperado de: https://www.lucianabartolini.net/entomophthora_muscae.htm
- Barry, S. (2009). Micetoma. *Revista Argentina de Dermatología*, 90(1). Recuperado de: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-300X2009000100001
- Basay, D., Carcelén, C., Ara, G., Jiménez, A., González, V. y Quevedo, G. (2014). Efecto de los manano-oligosacáridos sobre los parámetros productivos de cuyes (*Cavia porcellus*) durante la fase de engorde. *Revista de Investigación Veterinaria*, 25(2). Recuperado de: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1609-91172014000200007&script=sci_arttext
- Battro, P. (2010). *Quesos artesanales*. Buenos Aires: Editorial Albatros.
- Beatty N. & Al Mohajer, M. (2015). Medical image of the week: cutaneous coccidioidomycosis. *Southwest journal of pulmonary and critical care*, 11(5), 226-227. Recuperado de: <http://www.swjpc.com/imaging/2015/11/11/medical-image-of-the-week-cutaneous-coccidioidomycosis.html>

- Becker, G. (2016). Petite histoire de la mycologie. En *Ki no ko fungi*. Recuperado de: <http://enfantdesarbres.canalblog.com/archives/2015/03/30/31799177.html>
- BBL Sabouraud Dextrose Agar. BBL Sabouraud Dextrose Agar with Chloranphenicol (2007). En Becton, Dickinson and Company. Recuperado de: http://www.bd.com/europe/regulatory/Assets/IFU/US/L007492%2808%29%280307%29_ES.pdf
- Belin, J. (1981). Identification of yeast and yeastlike fungi. I. Taxonomy and characteristics of new species described since 1973. *Canadian Journal of Microbiology*, 27(12).
- Biasoli, M. (2013). *Microbiología General Bioquímica. Microbiología Farmacia*. Recuperado de: <http://studylib.es/doc/4831583/micelio>.
- Biografía de Alexander Fleming (10 de septiembre de 2015). Enciclopedia culturalia [Mensaje publicado en un blog]. Recuperado de: <https://edukavital.blogspot.com.co/2015/09/biografia-de-alexander-fleming.html>
- Blanco, B., Morán, E., Sierra, P., Giménez, C. y Pascual, A. (2002). Aspergilosis cutánea secundaria en paciente inmunodeprimido. *Actas Dermosifiliográficas*, 93(8), 511-513. Recuperado de: <http://www.actasdermo.org/es/aspergilosis-cutanea-secundaria-paciente-inmunodeprimido/articulo/13039109/>.
- Boa, E. (2005). *Los Hongos Silvestres comestibles. Perspectiva mundial de su uso e importancia para la población*. Roma: FAO.
- Bogantes, L.P., Bogantes, L.D y Bogantes, L., S. (2004). Aflatoxinas. *Acta Médica Costarricense*. 46(4). Recuperado de: http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0001-60022004000400004
- Bonifaz, T. (2012). *Micología Médica Básica*. China: McGraw-Hill Interamericana. Recuperado de: <https://es.scribd.com/document/357650709/Micologia-Medica-Basica-Alexandro-Bonifaz-pdf>
- Botero, M., Castellanos, P., Vélez, P., Castaño, J. y Rivillas, C. (2003). *Microorganismos del suelo identificados en un sistema agroforestal. Clasificación y descripción genérica de hongos*. Bogotá: Corpoica.

- Botero, M., Castellanos, P., Vélez, P., Castaño, J. y Rivillas, C. (2003). *Phytophthora spp. Alternaria spp. Microorganismos del suelo identificados en un sistema agroforestal. Clasificación y descripción genérica de hongos*. Bogotá: Corpoica.
- Botero, M., Franco, G., Castaño, J. y Ramírez, M. (1999). *Principales Enfermedades en Postcosecha Asociadas a cultivos de: Lulo, Manzano, Mora y Tomate de Árbol*. Bogotá: Corpoica.
- Botero, M., Toro, C. y Castaño, Z. (2011). *Manual Práctico de Microbiología general*. Manizales: Editorial Universidad de Caldas.
- Boyluca. (2012). *Insectos... comida para plantas*. [Mensaje en un blog]. Recuperado de: <https://es.paperblog.com/insectos-comida-para-plantas-1390474/>
- Britto, I., Ñañez, G., Ramos, L., Simanca, M., Ivonne, C. y Suárez, E. (2016). *Hongos Entomopatógenos*. Cesar: Universidad Popular. Recuperado de: <https://es.slideshare.net/adrianasandon/ya-libro-hongos-entomopatogenos>.
- Brodie, H. (1987). Constantine John Alexopoulos, 1906-1986. *Mycología*, 79(2). Recuperado de: https://www.jstor.org/stable/3807647?seq=1#page_scan_tab_contents.
- Bryden, D. & Hodgson, P. (2013). *Henry Vandyke Carter*. Recuperado de: http://www.landdbryden.co.uk/coulsons/index_BluePlaque.htm
- Brzezinski, P. (2011). Dermatology eponym/sig-lexicon (E). *Our Dermatol Online*, 2(4), 235-240. Recuperado de: <http://www.odermatol.com/issue-in-html/2011-4-17-dermatologye/>
- Bustillos, D. (2016). *Medios de Cultivos Naturales*. Recuperado de: <https://es.scribd.com/document/312323810/Medios-de-Cultivo-Naturales>
- Caballería, A., Segarra, M. y Bosque, V. (s.f.). *Microsporium canis: Características y Diagnóstico*. Valencia: Hospital Arnau de Vilanova. Recuperado de: <https://www.seimc.org/contenidos/ccs/revisionestematicas/micologia/dermatof.pdf>
- Cabañes, F. J. (2001). Identificación de hongos dermatofitos. *Revista Iberoamericana de Micología*. Recuperado de: <http://docplayer.es/14024544-Identificacion-de-hongos-dermatofitos-12-1.html>

- Cabrera, R., Sabatina, N., Urrutia, M. y Sepúlveda, R. (2013). Tiña negra (*tinea nigra*): comunicación de un caso alóctono en Chile. *Revista Chilena de Infectología*, 30(81), 90-93. Recuperado de: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0716-10182013000100016&lng=en&nrm=iso&tlng=en
- Cabrera, R., Sabatina, N. y Urrutia, M. (2013). *Hortaea werneckii*. Tiña negra (*tinea nigra*): comunicación de un caso alóctono en Chile. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-10182013000100016>.
- Cafarra, M. & Scagliarini, A. (1999). Study of diseases of the grey squirrel (*Sciurus carolinensis*) in Italy. First isolation of the dermatophyte *Microsporum cookei*. *Medical Mycology*, (37), 75-77.
- Calle, J. (s.f.). *Producción de hongos entomopatógenos*. Recuperado de: <https://es.slideshare.net/alfvigo/hongos-entomopatos>.
- Campbell, N. y Reece, J. (2007). *Hongos mucilaginosos*. *Biología*. Bogotá: Editorial Médica Panamericana.
- Cano, L. (s.f.). *Reproducción de los Hongos: Características y Tipos Principales*. Recuperado de: <https://www.lifeder.com/reproduccion-hongos/>
- Cañedo, V. y Ames, T. (2004). *Manual de laboratorio para el manejo de hongos entomopatógenos*. Lima: Centro internacional de la papa. Recuperado de: <http://cipotato.org/wp-content/uploads/2014/09/AN65216.pdf>
- Cardoso, B. & Simões, Q. (2007). Lacaziose (doença de Jorge Lobo): revisão e atualização. *Anais Brasileiros de Dermatologia*, 82(5). Recuperado de: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-05962007000500010
- Carmona, O. (2003). Notas Biográficas. Gioconda San Blas. *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología*, 23(1). Recuperado de: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-25562003000100002
- Carrada, B. (2012). Esporotricosis: Avances recientes en el diagnóstico de laboratorio, histopatología y la epidemiología en México. *Revista latinoamericana de patología clínica*, 59(3), 147-171. Recuperado de: <http://www.medigraphic.com/pdfs/patol/pt-2012/pt123d.pdf>

- Carrillo, E. (2016). *Aspergilosis*. México: Hospital General de México. Recuperado de: <http://slideplayer.es/slide/10790472/>
- Carrillo, L. (2003). *Los hongos de los alimentos y forrajes*. Argentina: Universidad Nacional de Salta y Universidad Nacional de Jujuy. Recuperado de: <http://studylib.es/doc/7261149/3.t%C3%A9cnicas---ambientalex.info>
- Carrillo, W. (2013). Lisozima: Actividad antibacteriana y alergenicidad. *Actualización en Nutrición*, 14(4). Recuperado de: http://www.revistasan.org.ar/pdf_files/trabajos/vol_14/num_4/RSAN_14_4_314.pdf
- Castaño, Z. (2005). *Los hongos como agentes de control biológico. Guía ilustrada de hongos promisorios para el control de malezas, insectos, nematodos y hongos fitopatógenos*. Manizales: Editorial Universidad de Caldas.
- Castaño, Z. (1994). *Principios Básicos de Fitopatología*. Honduras: Editorial Zamorano.
- Castañón, O. (2015). *Coccidioidomycosis*. México: UNAM. Recuperado de: <http://www.facmed.unam.mx/deptos/microbiologia/micologia/coccidomycosis.html>
- Castaño, Z. (2015a). *Histoplasma capsulatum*. Histoplasmosis. México: UNAM.
- Castaño, Z. (2015). *Criptococosis*. México: UNAM. Recuperado de: <http://www.facmed.unam.mx/deptos/microbiologia/micologia/criptococosis.html>
- Castillo, T. (s.f.). *Microbiología industrial. Familia Micrococcaceae. Cultivo de los mohos*. Venezuela: Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora. Recuperado de: <http://www.monografias.com/trabajos15/micrococcaceae/micrococcaceae.shtml>
- Castro, B. (2007). *Prácticas Alternativas para el Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades*. Honduras: Promipac, Zamorano, Cosude. Recuperado de: <http://www.fundesyram.info/biblioteca.php?id=1616>
- Catania, A. y Troilo, L. (2012). *Anticiparse a la Peronospora*. Recuperado de: <http://inta.gob.ar/noticias/anticiparse-a-la-peronospora>.
- Cattin, N. (2012). Desarrollo de hongos entomopatógenos *Verticillium lecanii* sobre áfidos plagas host. Recuperado de: <https://www.alamy.es/desarrollo-de->

- hongos-entomopatogenos-verticillium-lecanii-sobre-afidos-plagas-host-image280993546.html
- Centers for Disease Control and Prevention. (2016). *Microsporium ferrugineum*. Recuperado de: <https://phil.cdc.gov/phil/details.asp?pid=11011>
- Centro Hospitalar e Universitario de Coimbra. CHUC. (2015). Atlas de Micología. Recuperado de: <https://atlasmicologia.blogspot.com/2015/02/curvularia-lunata.html>
- Centers for disease control and prevention . (CDC). (s.f.). Staphylococcus aureus (AB Test).jpg. Recuperado de: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Staphylococcus_aureus_\(AB_Test\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Staphylococcus_aureus_(AB_Test).jpg)
- Chabur, O. (2008). *Identificación de razas y estudio preliminar y de la diversidad genética de Peronospora farinosa f. sp. Spinaciae agente causal del mildew vellosa en cultivos de espinaca en la sabana de Bogotá*. Bogotá: Universidad Javeriana. Recuperado de: <http://javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis117.pdf>
- Chávez, G. (2006). *Producción de Trichoderma spp. y evaluación de su efecto en cultivo de crisantemo (Dendranthema grandiflora)*. Bogotá: Universidad Javeriana. Recuperado de <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis286.pdf>.
- Chávez, G., Arenas, R., Torres, B. y Estrada, R. (1998). Micetomas eumicéticos por *Madurella mycetomatis*. Informe de seis casos. *Revista Iberoamericana de Micología*, (15), 90-93. Recuperado de: www.reviberoammicol.com/1998-15/090093.pdf.
- Chávez, G.; Gómez, V. M. y Gómez, M. (2009). Riqueza de macromicetos del Parque Nacional Barranca del Cupatitzio, Michoacán, México. *Revista Ciencia Forestal en México*, 34(105). Recuperado de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-35862009000100004
- Chorrochano, L. (2014). Regulación por la luz del desarrollo de los hongos. Departamento de Genética. *Revista Semaforo*, (57), 35-36. Recuperado de: https://www.semimicrobiologia.org/pdf/actualidad/57/16_Corrochano.pdf
- Chung, K. y Bennett, J. (2010). *Criptococosis: del descubrimiento del reservorio natural de su etiología a la manipulación genética de Cryptococcus neoformans: hitos en la investigación de criptococos por parte de investigadores intramurales de*

NIAID. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/302139611_Cryptococcosis_From_Discovering_the_Natural_Reservoir_of_its_Etiology_to_the_Genetic_Manipulation_of_Cryptococcus_neoformans_Milestones_in_Cryptococcal_Research_by_Intramural_Investigators_at_NIAID

Claire, M. (2016). Queratina ¿Cuánto sabes de ella? *Marie Claire*. Recuperado de: <https://www.marie-claire.es/belleza/pelo/articulo/queratina-y-el-pelo-verdades-y-mentiras>

Cline, E. & Farr D. (2006). Synopsis of fungi listed as regulated plant pests by the USDA animal and plant health inspection service: notes on nomenclature, disease, plant hosts, and geographic distribution. *Plant Health Progress*. Recuperado de: <https://www.plantmanagementnetwork.org/pub/php/diagnosticguide/2006/fungi/>

Clínica Universidad de Navarra. (2015). Hongo dimórfico. En *Diccionario Médico*. Recuperado de: <http://www.cun.es/diccionario-medico/terminos/hongo-dimorfico>

Clinical Advisor. (2011). Hair loss in an adult and a child. Recuperado de: <https://www.clinicaladvisor.com/home/dermatologic-look-alikes/hair-loss-in-an-adult-and-a-child/3/>

Club de Informática Médica y Telemedicina. (2009). *Candida albicans*. En Universidad de Panamá, Telmeds.org [publicada en línea]. Recuperado de: <http://www.telmeds.org/atlas/micologia/levaduras/candida-albicans/>

Colledge, H. & Solan, M. (2012). *Granulocitopenia*. Recuperado de: <https://es.healthline.com/health/granulocitopenia#Overview1>

Córdova, M., Bazán, M. y Hernández, H. (2015). *Enfermedades causadas por el género Malassezia*. México: UNAM.

Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Veracruz (CESAVE). (s.f.). Royal del cafeto (Hemileia vastatrix). Recuperado de: <http://www.cesvver.org.mx/roya-del-cafe-hemileia-vastatrix/>

Cortés, L., Russi, N. y July, A. (2011). Equinocandinas. *Revista Chilena de Infectología. Infectología*, 28(6). Recuperado de: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0716-10182011000700004

- Criptococosis (18 de abril de 2013). Histopatología [Mensaje en un blog]. Recuperado de <http://histopatologiabasica.blogspot.com.co/2013/04/criptococosis.html>
- Cruz, R. (2014). Guía para el diagnóstico de laboratorio de enfermedad fúngica invasora por hongos filamentosos. *Revista Chilena de Infectología*, 31(2). Recuperado de: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0716-10182014000200008
- Cuesta, J. y Jiménez, J. 2016. *Pleurotus ostreatus*. Recuperado de: <http://www.amanitacesarea.com/pleurotus-ostreatus.html>
- Dankner, W., Spector, S., Fierer, J. & Davis, C. (1987). Malassezia fungemia in neonates and adults: complication of hyperalimentation. *Revista infectología*, 9(4). Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3125578>.
- De la Torre, H., Sánchez, R., Galeano, S. y Plasencia de la P. (2014). Fumonisin-síntesis y función en la interacción *Fusarium verticillioides*-maíz. D.R. © TIP. *Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 17(1), 77-91.
- De Sando, S. (2017). *Illini everywhere: greek illini, since 1873*. Recuperado de: <https://archives.library.illinois.edu/slc/greek-illini/>
- De Carvalho, A. (2012). Aulo Cornelio Celso. En Toxipedia. Recuperado de: <http://www.toxipedia.org/display/toxipedia/Aulo+Cornelio+Celso>
- De Tejada, L. (2010). Trichophyton. Veracruz. México. Recuperado de: <http://nuestroviajepormicoo.blogspot.com/>
- Delgado, A., Prieto, S., Amich, S. y Salve, M. (1994). *Laboratorio de microbiología*. Madrid: McGraw-Hill Interamericana.
- Diniz, L. y de Souza, F. (2005). Estudio de 15 casos de piedra branca observados na Grande Vitória (Espírito Santo, Brasil) durante cinco años. *Anais Brasileiros de Dermatologia*, 80(1), 49-52. Recuperado de: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0365-05962005000100007&script=sci_abstract&tlng=es
- Dípteros infectados con hongos (s.f). En *Hongos infectados*. Recuperado de http://www.lucianabartolini.net/entomophthora_muscae.htm

- Dirección de Salud Pública, Alcaldía Mayor de Bogotá. (2008). *Manual para la toma de muestras para análisis microbiológico*. Bogotá: autor. Recuperado de: <http://www.saludcapital.gov.co/sitios/VigilanciaSaludPublica/Todo%20IIH/Manual%20Toma%20Muestras.pdf>
- Doctor Fungus Coerporation. (2000). *Microsporium cookei*. *Microsporium canis*. Recuperado de: <https://drfungus.org/knowledge-base/microsporium-cookei/>
- Domínguez, L., V. J. A. (2015). Índice antibióticos. Recuperado de: <https://slideplayer.es/slide/12863515/>
- Dorancé, A., Berry, S., Bowen, P. & Lipps, P. (2004). Characterization of *Pythium* spp. from three Ohio fields for pathogenicity on corn and Soybean and metalaxyl sensitivity. Online. Plant Health Progress. Recuperado de: <https://www.plantmanagementnetwork.org/pub/php/research/2004/pythium/>
- Durán, V. (2014). *Tinea unguium* por *Microsporium nanum*. Madrid: Hospital Universitario de Móstoles. Recuperado de: <http://www.wider.es/casosclinicos/index.php/tinea-unguium-por-microsporium-nanum-caso-588/>
- Dzau, V. (2016). *Appointment of J. Michael McGinnis as Leonard D. Schaeffer Executive Officer of NAM*. National academy of medicine. Recuperado de: <https://nam.edu/appointment-of-j-michael-mcginnis-as-leonard-d-schaeffer-executive-officer-of-nam/>
- Echevarría, G. L. (2016). *Reseña histórica del descubrimiento de los hongos dermatofitos desde el siglo 1. A. C. hasta los trabajos actuales*. Puerto Rico: Universidad del Turabo. Recuperado de: <http://www.nperci.org/L.%20Echevarria-Hongos%20dermatofitos-V13N3.pdf>
- EcuRed (s.f.). *Raimundo García Menocal*. Cuba: autor. Recuperado de: https://www.ecured.cu/Raimundo_Garc%C3%ADa_Menocal_Garc%C3%ADa_Menocal
- EcuRed (s.f.). Hongo *Geotrichum candidum*. Cuba: autor. Recuperado de: https://www.ecured.cu/Hongo_Geotrichum_candidum
- EcuRed (s.f.). *Eritema*. Cuba: autor. Recuperado de: <https://www.ecured.cu/Eritema>

- EcuRed (s.f.). *Glicoproteínas*. Cuba: autor. Recuperado de: <https://www.ecured.cu/Glicoprote%C3%ADnas>
- EcuRed (s.f.). *Lactarius indigo*. Cuba: autor. Recuperado de https://www.ecured.cu/Lactarius_indigo
- Elexxosquimics. (s.f.). *Mucor* spp. Recuperado de: <http://www.elexxosquimics.com/mucor.php>
- Emaze. Amazing presentatios. (s.f.). *Lactarius indigo*. recuperado de: <https://www.emaze.com/@AOQCWRIO/blue-Milk-Cap>
- Enciclopedia Biográfica en Línea. (s.f.). *Biografías y Vidas*. Alexander Fleming. Recuperado de: <https://www.biografiasyvidas.com/monografia/fleming/penicilina.htm>
- EOL. (s.f.). *Mycrosporium gypseum*. Recuperado del sitio de internert Encyclopedia of life: <http://eol.org/pages/6551021/details>
- Escobar, E. (2001). *Determinación y caracterización de las enfermedades fungosas y bacterianas asociadas a tillandsias (Tillandsia spp.) en la región central de Guatemala, bajo condiciones de producción*. Guatemala: Universidad Central. Recuperado de: <http://fausac.usac.edu.gt/tesario/tesis/T-01960.pdf>
- Estrada, M., Vélez, P. y Montoya, E. (1997). Caracterización de cultivos monoespóricos del hongo *Beauveria bassiana*. *Revista del Centro Nacional de Investigaciones de Café*, 48(4), 218.
- Estrada, S. y Chacón, J. (2016). Frecuencia de dermatomicosis y factores asociados en población vulnerable. Manizales, Colombia. *Revista de Salud Pública*, 18(6), 953-962. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/rsap/v18n6/0124-0064-rsap-18-06-00953.pdf>
- Fariñas, M., Fernández, S. y Arminanzas, C. (2012). *Formas clínicas y tratamiento de las infecciones causadas por otros hongos filamentosos*. España: Hospital Universitario Marqués de Valdecilla.
- Fernández, T. (2005). *Dermatofitos. Generalidades. Sensibilidad antifúngica de los dermatofitos*. España: Universitat Rovira I Virgili. Recuperado de: <http://docplayer.es/4497895-Sensibilidad-antifungica-de-los-dermatofitos.html>

- Fernández, V. y Armario, H., (2006). *Etiopatogenia y tratamiento de la pitiriasis versicolor*. España: Universidad de Cádiz.
- Figueroa, M., Vargas, L., Mendoza, L., Acevedo, O., Chavarriaga, M., Fonseca, E. y Moya, F. (1984). *Enfermedades infecciosas de los animales domésticos en Centroamérica*. Costa Rica: Editorial Universidad Estatal a Distancia y Confederación Universitaria Centroamericana.
- Fleta, Z. (2001). Micosis profundas. *Medicina Integral*, 38(8), 348-354. Recuperado de: <http://www.elsevier.es/es-revista-medicina-integral-63-articulo-micosis-profundas-13022433>
- Flickr (s.f). *Microsporum vanbreuseghemii*. Recuperado de: <https://www.flickr.com/photos/60876046@N03/8110664451/in/photostream/>
- Florian, E. & Galgoczy, J. (1964). *Keratinomyces longifusus* sp. nov. from Hungary. *Mycopathology mycology applied*, 30(24), 73-80. Recuperado de: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=GALGOZCY%20J%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=14245653
- Forbes, B., Sahm, D., Weissfeld, A. y Trevino, E. (2009). *Bailey y Scott. Diagnóstico Microbiológico*. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana.
- Fraenza, L., Druetta, S., Raga, A., Luque, A., Salazar, V. y Farfalli, L. (2016). Onicomycosis por *Curvularia lunata* var. *aeria*: presentación de un caso clínico. *Revista argentina de micología*, 47(1), 54-56. Recuperado de: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0325754115000097>.
- Freixa, A. (25 de agosto de 2014). La destrucción de Pompeya. Las cartas de Plinio [Mensaje en un blog]. Recuperado de: <http://associacioculturalcellavinararia.blogspot.com.co/2014/08/la-destruccion-de-pompeya-las-cartas-de.html>
- French, E. y Hebert, T. (1980). *Métodos de investigación fitopatológica. Medición del crecimiento de microorganismos*. Costa Rica: Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas.
- Fulgueira, C. (2013). *Reproducción sexual de los hongos*. Recuperado de: http://www.fbioyf.unr.edu.ar/evirtual/file.php/123/TEORIAS_2013/REP_SEXUAL_2013_x_4.pdf

- Fun with Microbiology. (s.f.). *Beauveria* species. Recuperado de: <http://thunderhouse4-yuri.blogspot.com/2012/03/beauveria-species.html>
- Fungal infections (s.f.). *Cryptococcus neoformans*. Recuperado del sitio de internet LIFE: <http://www.life-worldwide.org/esp/fungal-diseases/cryptococcus-neoformans>
- Galdamez, S. (2015). *Historia de las sociedades centroamericanas*. Recuperado de: <https://dermatologoselsalvador.com/historia-de-las-sociedades-centroamericanas/>
- Galvez, L., Cara, M., Alajarín, A. y D. Palmero (s.f.). *La mancha foliar del palmito*. España: Universidad Politécnica de Madrid, Universidad de Almería. Departamento de Producción Vegetal. Recuperado de: http://www.infoagro.com/documentos/la_mancha_foliar_del_palmito.asp
- Galvis, P., Cano, R. y Vásquez, V. (2013). Historia de la micología médica en Colombia, 1930-1970. *Revista Iatreia*, 26(2), 229. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/iat/v26n2/v26n2a11.pdf>
- García, G., Cappello, G., Leshner, G. y Molina, M., (2011). *Aislamiento y caracterización morfológica de los hongos entomopatógenos Beauveria bassiana y Metarhizium anisopliae*. México: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
- García, N., Corella, F., Roé, E., Dalmau, J. y Puig, Ll. (2006). Deshidrosis. *Dermatología, Hospital Santa Creu I Sant Pau. Barcelona*, 20(4).
- García, M., Gené, J., Solé, M., Mira, J., Ruíz, H. y Guarro, J. (1999). Caso de onicomycosis causada por *Microsporum recemosum*. *Journal de microbiología clínica*, 37(1), 258-260. Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC84230/>.
- García, P., Rojas, M. y Sepúlveda, G. (2008). Presencia de *Uromyces limonii* (DC) Lév. (Roya del Limonium): primer registro para el Valle de Lluta, Región de Arica y Parinacota. *IDESIA*, 26(1), 73-75. Recuperado de: <http://www.scielo.cl/pdf/idesia/v26n1/art10.pdf>
- Gefor. (2011). *Blastomyces dermatitidis*. Grupo de estudio para la formación y docencia en enfermedades infecciosas y microbiología clínica. [Mensaje en un blog]. Recuperado de: <http://www.gefor.4t.com/hongos/blastomycesdermatitidis.html>

- Gerhardt, M., Costilow, N. & Krieg. (1981). *Manual of methods for general for bacteriology*. Washington: Editorial Briggs.
- Gioseffi, M., Guerdileb, M., Boscaroc, G., Giachettia, A., Grecoc, G., Nogueirasa, M., Bociana, M., Carbajosaa, A. y Giardellia, M. (2009). *Tinea corporis*. Descripción del caso presentado en la sección *¿Cuál es su diagnóstico?* del número anterior. *Archivo Argentino de Pediatría*, 107(3), 259-263. Recuperado de: <http://www.scielo.org.ar/pdf/aap/v107n3/v107n3a14.pdf>
- Gisha, G. (11 de abril de 2014). Industrial production of vitamins [Mensaje en un blog]. Recuperado de: <https://www.slideshare.net/puliyoor/vitamins-33403362>
- Giusiano, G. (2006). *Malassezia*. Estado del conocimiento y perspectivas en su estudio. *Archivo Argentino de Pediatría*, 38(1), 259-263. Recuperado de: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0325-75412006000100012
- Goldsborough, G. (2017). *Memorable Manitobans: Arthur Henry Reginald Buller (1874-1944)*. Recuperado de: http://www.mhs.mb.ca/docs/people/buller_ahr.shtml
- Gómez, S. (2012). *Anatomía Patológica Especial*. España: Universidad de Murcia.
- Góngora, C., Marín, M. y Benavides, M. (2009). *Claves para el éxito del hongo Beauveria bassiana como controlador biológico de la broca del café*. Colombia: Cenicafé.
- González, C. (2002). *Hombres, Dioses y Hongos. Hacia una visión etnobotánica del mito*. Madrid: Editorial Edaf. Recuperado de: [https://books.google.com.co/books?id=-TwXPBvnH4EC&pg=PA113&lpg=PA113&dq=plinio+el+viejo\(hongos,+truenos\)&source=bl&ots=kcWdD6tdcK&sig=RhuiV9CCgyFv9sRUh_XrtzOqR-g&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwi17JeQ9bjWAhVFRCYKHf8CBM8Q6AEIODAH#v=onepage&q=plinio%20el%20viejo\(hongos%2C%20truenos\)&f=false](https://books.google.com.co/books?id=-TwXPBvnH4EC&pg=PA113&lpg=PA113&dq=plinio+el+viejo(hongos,+truenos)&source=bl&ots=kcWdD6tdcK&sig=RhuiV9CCgyFv9sRUh_XrtzOqR-g&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwi17JeQ9bjWAhVFRCYKHf8CBM8Q6AEIODAH#v=onepage&q=plinio%20el%20viejo(hongos%2C%20truenos)&f=false)
- González, J. (2013). *Glosario Médico Patológico*. Recuperado de: http://sura.ots.ac.cr/florula4/docs/glosario_medico-patologico.pdf
- González, L. (1981). *Introducción a la fitopatología*. (Tercera reimp.) Costa Rica: IICA. Recuperado de: <https://bit.ly/2H4DfZA>
- González, C. (2011). *Micología clínica. Aprendizaje basado en la resolución de problemas*. Cali: Impresora Feriva.

- González, C., Aguilar, C. y Rodríguez, H. (2009). *Verticillium spp. Control de insecto-plaga en la agricultura utilizando hongos entomopatógenos: retos y perspectivas*. México: Universidad Autónoma de Coahuila. Recuperado de: <http://www.posgradoeinvestigacion.uadec.mx/AQM/No.%208/5.html>.
- González, E., Morales, P. y Morales, M. (2013). Cromomicosis. Presentación de un paciente. *Medicentro electrónica*, 17(3). Recuperado de: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1029-30432013000300008
- Gouli, S.,Y. (s.f.). Green muscardine of insects *Metarhizium anisopliae* (Metschn.) Sorokin. Recuperado de: <https://www.ipmimages.org/browse/subthumb.cfm?sub=12318>
- Grijzen, M. & de Vries, H. (2017). Kerion. *Canadian Medical Association Journal*, 189(20). Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5436964/>
- Grisales, L. (2017). *Hongos (Reino Fungi): características y clasificación o tipos*. Recuperado de: <https://naturaleza.paradais-sphynx.com/fungi/hongos.htm>
- Grupo Micológico B. Cetto (s.f.). En Bruno Cetto. Recuperado de: http://www.brunocetto.it/web2/index.php?option=com_content&view=article&id=878&Itemid=18
- Grzybowski, A. & Krzysztof, P. (2013). Robert Remak (1815-1865). *Springer journal of neurology*, 260(6), 696-697. Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3675270/>
- Guillet, D. (s.f.). Hommage à Roger Heim. L'écologiste, le mycologue, le psychonaute. En Liberte terre [Mensaje en un blog]. Recuperado de: <http://liberte terre.fr/gaiagnostic/hommage-heim.html>
- Guzmán, A. (2002). Fernando Latapí: semblanza de un maestro [Mensaje en un blog]. Recuperado de <http://piel-l.org/blog/wp-content/uploads/2008/08/fernandolatapi.pdf>
- Guzmán, M. (1977). *Micología Médica*. Bogotá: Instituto Nacional de Salud.
- Hamlyn, P. (1982). Protoplast fusion and genetic analysis in *Cephalosporium acremonium* [Mensaje en un blog]. Recuperado de: http://fungus.org.uk/cv/thesis_fig2.1.htm

- Hemocele. (n.d). En Diccionario online de portugués. Recuperado de: <https://www.dicio.com.br/hemocele/>
- Henríquez. K., Serracín, D. y Rodríguez, E. (2005). *Atlas virtual de micología*. Panamá: Universidad de Panamá.
- Hernández, A. (s.f.). *Microbiología Industrial*. Costa Rica: Editorial Universidad Estatal a Distancia. Recuperado de: <https://bit.ly/2tWfla4>
- Hernández, H. (2010). *Actualidades en Micología Médica. Morfología de los Hongos*. México: UNAM. Recuperado de: <https://es.scribd.com/doc/199114203/Actualidades-Micologia-Medica-5ed-2010>
- Hernández, H. y Millán, Ch. (2017). *Esporotricosis*. México: UNAM. Recuperado de: <http://www.facmed.unam.mx/deptos/microbiologia/micologia/esporotricosis.html>.
- Herrera, M., Moya, T., Duarte, I. y Bogantes, A. (1995). Fungemia por *Trichosporon beigelii*: reporte del primer caso en Costa Rica. *Revista médica del Hospital nacional de niños Dr. Carlos Sáenz Herrera*, 30(1-2). Recuperado de: http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1017-85461995000100004
- Hongos en la piel (s.f). Pitiriasis versicolor [Mensaje en un blog]. Recuperado de: <http://www.hongosenlapiel.com/la-pitiriasis-versicolor/>
- Horak, E., Peintner, U. & Pöder, R. (2003). Meinhard Michael Moser (1924-2002): doyen of European agaricologists. *Mycological research journal*, 107(4), 506-508. Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12825524>
- Hoyos, C., Duque, G. y Orduz, S. (2008). Antagonismo in vitro de *Trichoderma* spp. sobre aislamientos de *Sclerotinia* spp. y *Rhizoctonia* spp. *Revista colombiana de ciencias hortícolas*, 2(1). Recuperado de: <http://www.soccolhort.com/revista/pdf/magazin/Vol2/vol.2%20no.1/Vol.2.No.1.Art.7.pdf>
- Huertas, Ch. (05 de octubre de 2014). Tinción Azul de Lactofenol o azul algodón [Mensaje en un blog]. Recuperado de: <http://paratecnicosdelaboratorio.blogspot.com.co/2014/10/tincion-azul-de-lactofenol-o-azul.html>
- Hygino, L. (s.f.). Isolamento de *Micosporum distortum* e *Microsporum canis* de pseudomicetomas dermatofíticos em cão e gato. *Microsporum distortum*

- [Mensaje en un blog]. Recuperado de: <http://micologia-micotoxicologia.blogspot.com.co/2012/02/pseudomicetoma-dermatofitico-isolamento.html>.
- Ibarra, D. (2009). Reino Fungi. En *Biología II*. Recuperado de: <http://cienciasyedambiental.blogspot.com.co/2009/05/reino-fungi.html>
- Ibáñez, M. (08 de abril de 2007). ¿Qué es la epidemiología? En Salud pública y algo más [Mensaje en un blog]. Recuperado de: http://www.madrimasd.org/blogs/salud_publica/2007/04/08/63013
- IJDVL. (s.f.). Indian Journal of Dermatology, Venereology and Leprology. Recuperado de: http://www.ijdvl.com/viewimage.asp?img=ijdvl_2011_77_3_335_79718_f1.jpg
- Imgrum. (2016). José Alejandro Bonifaz. Recuperado de: http://www.imgrum.org/media/1381607590915656813_4142393311
- ÍESIAB. (s.f.). *Penicillium roqueforti*. Recuperado de: <http://www.univ-brest.fr/esiabscientifique/Mycologie/Les+fiches+pratiques/P.+roqueforti>
- Infante, D., Martínez, B., González, N. y Reyes, Y. (2009). Mecanismo de acción de *Trichoderma* frente a hongos fitopatógenos. *Revista protección vegetal*, 24(1). Recuperado de: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522009000100002
- Infocus (2015). Disertantes extranjeros. Reicardo Negroni. Curriculum Vitae. En Infocus. Recuperado de: <http://infocus2015.circulomedicoeba.org/congreso/disertantes/>
- Inocenti, M., Chávez, D. y Escobio, V. (2008). Nuevos datos para el conocimiento de los hongos hipogeos en las Islas Canarias (III). Cantarela. *Boletín de la Sociedad micológica de Gran Canaria*, (39).
- Instituto de ecología, INECOL. (13 de enero de 2016). Fallece el Dr. Gaston Guzman. En Biodiversidad y sistema [Mensaje en un blog]. Recuperado de: <http://inecolsystematica.blogspot.com.co/2016/01/fallece-el-dr-gaston-guzman.html>
- Insectos... comida para plantas (24 de junio de 2012). Revista ciencias [Mensaje en un blog]. Recuperado de: <https://es.paperblog.com/insectos-comida-para-plantas-1390474/>

- Instituto Nacional de Salud. Ministerio de Salud. (2007). *Manual de Procedimientos y Técnicas de laboratorio para la identificación de los principales hongos oportunistas causantes de micosis humanas*. Perú: Ministerio de Salud. Recuperado de: <http://www.ins.gob.pe/insvirtual/images/otrpubs/pdf/Manual%20Hongos.pdf>
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo BDATA BIO. (2013). *Trichophyton spp., Cladosporium spp.* Recuperado de: <http://www.insht.es/RiesgosBiologicos/Contenidos/Fichas%20de%20agentes%20biologicos/Fichas/Hongos/Cladosporium%20spp.pdf>
- Introduction to mycology (s.f). Lecture notes in Medical technology [Mensaje en un blog]. Recuperado de: <http://mt-lectures.blogspot.com.co/2016/09/lecture-16-introduction-to-mycology.html>
- Jara, B. (2011). *Screening de hongos de suelo ante microorganismos fitopatógenos*. Ecuador: Universidad de Cuenca. Recuperado de: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/2455/1/tq1098.pdf>
- Jaramillo, A. (2015). Ángela Restrepo, perfil. Medellín: EAFIT. Recuperado de: <http://www.eafit.edu.co/ninos/10anos/Paginas/perfil-angela-restrepo-version-completa.aspx>
- Kidd, S., Halliday, C., Alexiou, H. y Ellis, D. (2016). Descriptions of medical fungi. *Madurella mycetomatis. Curvularia lunata*. Australia: University of Adelaide. Recuperado de <http://www.mycology.adelaide.edu.au/docs/fungus3-book.pdf>.
- Kirsop, B., Doyle, A. (1991). *Maintenance of microorganisms and culture Cells. A manual of laboratory methods*. UK: Academic Press.
- Koneman, E., Roberts, G. (1990). *Micología práctica de laboratorio*. Argentina: Editorial Médica Panamericana.
- Kung'u., J. (s.f.). Penicillium species as indoor air contaminants. En Mould & Bacteria consulting services [Mensaje en un blog]. Recuperado de: <http://www.moldbacteriaconsulting.com/fungi/penicillium-species-as-indoor-air.html>
- Lam Institute for Hair Restoration. (s.f.). Tinea Capitis Dallas. Tinea Capitis Kerion. Recuperado de: <https://www.hairtx.com/hair-loss-procedures-dallas/hair-loss-disorders/tinea-capitis/>

- Lauricella, A. (2007). Hemostasia y Trombosis. Variabilidad de las redes de fibrina. *Acta bioquímica. Clínica latinoamericana*, 41(1). Recuperado de: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0325-29572007000100002
- Lavalle. (2004). El profesor François Mariat y el Centro dermatológico Pascua. *Revista del Centro Dermatológico Pascua*, 13(1), 14-15. Recuperado de: <http://www.medigraphic.com/pdfs/derma/cd-2004/cd041c.pdf>
- Leticce, E. (13 de agosto de 2010). From Clare to India: EJ Butler "The Father of Indian Plant Pathology". En *Communicate Science* [Mensaje en un blog]. Recuperado de: <http://www.communicatescience.eu/2010/08/from-clare-to-india-ej-butler-father-of.html>
- Linares, S. y Solís, C. (2007). *Identificación de levaduras. Guía práctica de identificación y diagnóstico en micología clínica*. España: Asociación española de micología. Recuperado de <http://docplayer.es/14116799-Identificacion-de-levaduras-11-1.html>
- López, A. (07 de noviembre de 2016). *Lactarius indigo*. Larga vida al rey Fungi. En *Microbichos* [Mensaje en un blog]. Recuperado de: <http://microbiologia1uvg.blogspot.com.co/2016/11/larga-vida-al-rey-fungi.html>
- López, M. (2015). *Paracoccidioidomycosis. Laboratorio de Micología*. México: UNAM. Recuperado de: <http://www.facmed.unam.mx/deptos/microbiologia/micologia/paracoccidioidomycosis.html>
- López, C. (2011). *Jairo Castaño Zapata. PHD*. Manizales: Universidad de Caldas. Recuperado de: <http://maestriaenfitopatologia-ucaldas.blogspot.com.co/p/jairo-castano-zapata-phd.html>
- Lumbreras, C., Lizasoain, M. y Aguado, J. (2003). Antifúngicos de uso sistémico. *Enfermedades infecciosas microbiología clínica*, 21(7), 366-80. Recuperado de: <http://www.elsevier.es/es-revista-enfermedades-infecciosas-microbiologia-clinica-28-articulo-antifungicos-uso-sistemico-13050528>
- Luna, N. (24 de septiembre de 2017). Hongos para degradar hidrocarburos [Mensaje en un blog]. Recuperado de: <http://www.unsam.edu.ar/tss/hongos-contra-la-contaminacion/>

- Lurá, M., González, A., Basílico, J., Sarsoti, F., Gómez, R. y Freyre, L. (1997). *Morfología y estructura. Introducción al estudio de la micología*. Argentina: Universidad nacional del litoral. Recuperado de: https://books.google.com.co/books?id=ceuzkTtF_L8C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Madigan, M., Martinko, J. y Parker, J. (2003). *Brock biología de los microorganismos*. Madrid: Prentice Hall Iberia.
- Mandal, A. (2014). ¿Qué es un catéter? En News medical life sciences. Recuperado de: [https://www.news-medical.net/health/What-is-Catheter-\(Spanish\).aspx](https://www.news-medical.net/health/What-is-Catheter-(Spanish).aspx)
- Mansilla, M. (s.f.). Cefalosporinas. En Infecto [Mensaje en un blog]. Recuperado de: <http://www.infecto.edu.uy/terapeutica/atbfa/cef/CEFALOSPORINAS.htm>
- Márquez, do C., Cerqueira, M. y Pereira, N. (2011). Fungemia in a university hospital: an epidemiological approach. *Revista sociedad brasileira de medicina tropical*, 44(6). Recuperado de: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0037-86822011000600018
- Martínez, Caro, S. y Bonifaz, A. (2014). Infecciones por *Fusarium*. *Dermatología Revista Mexicana*, 58(5), 412-442. Recuperado de: <http://new.medigraphic.com/cgi-bin/contenido.cgi?IDPUBLICACION=5339>
- Martínez, C. (2008). *Departamento de Horticultura protegida*. México: INIFAP.
- Mast Group Ltda. (s.f.). *Rose Bengal Chloranphenicol Agar*. Recuperado de: http://www.mastgrp.com/IFUS/IFU392_SPA.pdf
- Maya, C. (05 de julio de 2014). Tratamiento para la Candidiasis: desensibilización (DPE) para Candida. En *Naturalisioso, libros de medicina holística*. Recuperado de: <https://sites.google.com/site/librosmedicinaholistica/blog/tratamientoparalacandidiasisdesensibilizaciondpeparacandida>
- Mayayo, A. E. (2004). Diagnóstico histopatológico de las micosis. *Revista Iberoamericana de Micología*, (21), 1-9. Recuperado de: <http://www.reviberoammicol.com/2004-21/001009.pdf>

- Mayfield, A., Crane, J. y Smith, J. (s.f.). Marchitez. La marchitez del laurel: una amenaza para el laurel rojo, Aguacate (*Persea americana*) y otros árboles relacionados en patios urbanos y rurales. Florida: University of Florida. Recuperado de: http://miami-dade.ifas.ufl.edu/pdfs/tropical_fruit/La%20Marchitez%20del%20Laurel.pdf.
- Mayorga, R., Hernández, T. y Salas, A. (2014). Amado González Mendoza (1930-2014). *Revista Dermatología cosmetología, médica y quirúrgica*, 12(4). Recuperado de: <http://dcmq.com.mx/320-amado-gonz%C3%A1lez-mendoza-1930-2014>.
- McDonald, W. (6 de junio de 2001). *Trichophyton equinum* colony surface and reverse. [Mensaje en un blog] Recuperado de: http://labmed.ucsf.edu/education/residency/fung_morph/fungal_site/subpages/tequinumsdsp.html
- Medel, R., Mata, G. y Castillo, R. (2011). Semblanza de la Dra. Evangelina Pérez Silva. *Revista mexicana de micología*, 34. Recuperado de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-31802011000200002
- Medical mycology (s.f). *Blastomyces dermatitidis* [Mensaje en un blog]. Recuperado de: <http://medicalmycology.blogfa.com/post/137>
- Medina, G. (2006). *Influencia del mantenimiento de la cadena de frio controlada en la vida útil, calidad microbiológica, físico química y organoléptica en fresas tipo exportación*. Recuperado de: <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis266.pdf>.
- MedlinePlus. (2017). Sarna. En Biblioteca Nacional de los Estados Unidos. Recuperado de: <https://medlineplus.gov/spanish/scabies.html>
- Mejía, M. (04 de noviembre de 2013). Fungi's role in Pest control [Mensaje en un blog]. Recuperado de: <http://oh93independentstudyonfungi.blogspot.com.co/2013/11/pest-control.html>
- Méndez, T. (2015). *Mucormicosis*. México: UNAM. Recuperado de: <http://www.facmed.unam.mx/deptos/microbiologia/micologia/mucormicosis.html>.
- Méndez, T. (2014). *Micetoma*. México: UNAM. Recuperado de: <http://www.facmed.unam.mx/deptos/microbiologia/micologia/micetoma.html>

- Mercadal, I. (s.f.). *Mutación*. Recuperado de: <http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/Mutacion.htm>
- Microbe Canvas. (s.f.). Schimmelziekte_Favus. Recuperado de: <http://microbe-canvas.com/art.php?p=2294>
- Mier, T., Toriello, C. y Ulloa, M. (2002). *Hongos microscópicos saprobios y parásitos: método de laboratorio*. México: UNAM. Recuperado de: https://books.google.com.co/books?id=UD3ORosdJSEC&pg=PA29&dq=absidia&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=absidia&f=false
- Milán, M. (03 de agosto de 2015). Los queloides, las cicatrices más rebeldes. En Efe: Salud [Mensaje en un blog]. Recuperado de: <http://www.efesalud.com/los-queloides-las-cicatrices-mas-rebeldes/>
- Melnick, Jawetz y Adelberg. (2011). *Microbiología médica*. México: McGraw-Hill. Recuperado de: http://redlagrey.com/files/Microbiologia_Medica_Jawetz_25_www.rinconmedico.smffy.com.pdf
- Molina, D. (2011). Aspectos clínicos, diagnósticos y terapéuticos de las dermatofitosis. *Enfermedades infecciosas y microbiología clínica*, 29(3), 33-39.
- Mondino, P. (15 de mayo de 2008). Bases epidemiológicas del manejo integrado de las enfermedades de frutales manejo integrado de la sarna del manzano [Mensaje en un blog]. Recuperado de: <http://www.cca.ufsc.br/labfitop/2008-2/manejointegrado.pdf>.
- Mondino, P. (2002). *Enfermedades fúngicas del duraznero*. Recuperado de: <http://www.pv.fagro.edu.uy/fitopato/enfermedades/Monilinia.htm>.
- Mondolis, A. (11 de diciembre de 2013). Dematiáceos de importancia clínica. *Fonsecae pedrosoi* [Mensaje en un blog]. Recuperado de: <http://microbiologiaup.blogspot.com.co/2013/12/dematiaceos-de-importancia-clinica-los.html>.
- Montes, B., Restrepo, A. y McEwen, J. (2003). Clasificación de los hongos, nuevos aspectos sobre la clasificación de los hongos y su posible aplicación médica. *Biomédica*, (23), 213-224. Recuperado de: [http://www.efn.uncor.edu/departamentos/divbioeco/divveg1/micologia/practico%20micologia/trabajo%20de%20campo/Concepto%20de%20especie%20en%20hongos\(todos\).pdf](http://www.efn.uncor.edu/departamentos/divbioeco/divveg1/micologia/practico%20micologia/trabajo%20de%20campo/Concepto%20de%20especie%20en%20hongos(todos).pdf)

- Montoya, V. (2008). *Microbiología básica para el área de la salud y afines*. Medellín: Universidad de Antioquia. Recuperado de: <https://bit.ly/2UnNhID>
- Monzón, A. y Rodríguez, T. (s.f.). *Trichophyton tonsurans*. Madrid: Instituto de salud Carlos III. Recuperado de: <https://www.seimc.org/contenidos/ccs/revisionestematicas/micologia/trtons.pdf>
- Monzón, F. y Blasco, R. (1998). In cauda venenum: el mito del escorpión. El escorpión en la Literatura. *Boletín de la SEA*, (22), 47-49. Recuperado de http://sea-entomologia.org/PDF/BOLETIN_22/B22-022-047.pdf
- Moore, K. y Agur, A. (2007). *Sistema de los tegumentos. Fundamentos de anatomía con orientación clínica*. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana. Recuperado de: <https://bit.ly/2C6CoUo>
- Moral, R. (2014). *Determinación de las Características Fisiológicas de los Hongos. Práctica Número 5*. Recuperado de: <https://bit.ly/2C6BWFG>
- Morales, C. y Ríos, R. (2011). *Hongos contaminantes*. Puerto Rico: Universidad de Puerto Rico en Arecivo. Recuperado de: <https://es.slideshare.net/eportfolio13/hongos-contaminantes>
- Moreira, P., Díaz, A., Moredo, R., Pérez, L. y De la Torre, N. (2005). Tratamiento exitoso de un caso de cromoblastomicosis verrucosa extensa con exéresis quirúrgica asociada a uso de ketoconazol. Hospital universitario general Calixto García. *Revista cubana de medicina tropical*, 57(3). Recuperado de: scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0375-07602005000300013.
- Moreno, C., Palomares, M., Fernández, M. y Arenas, R. (2009). Características morfológicas de 45 cepas de *Microsporum canis*. *Revista mexicana de micología*, 29. Recuperado de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-31802009000100005.
- Moreno, R., Sánchez, M., Marmolejo, M., Pérez, H. y Moreno, M. (2015). Diversidad de hongos Ophiostomatoides en pinos de la sierra Fría de Aguascalientes, México, asociados con *Dendroctonus mexicanus*. *Revista mexicana biodiversidad*, 86(1). Recuperado de: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1870345315300014?via%3Dihub>

- Muñoz, H., Meléndez, S., Puentes, G., Parada, S. y Cruz, O. (2016). *Reproducción asexual*. México: Universidad Autónoma de Chihuahua. Recuperado de: <https://es.scribd.com/document/302963489/Reproduccion-Asexual>
- Murillo, P. (2003). *Micología clínica*. Brasil: Universidad Federal de Rio de Janeiro. Recuperado de: <https://es.scribd.com/doc/22541491/Micologia-clinica>
- Muséum National Naturelle. (s.f.). *Penicillium roqueforti*. Recuperado de: <https://www.mnhn.fr/fr/collections/ensembles-collections/ressources-biologiques-cellules-vivantes-cryoconservees/souches-fongiques/penicillium-roqueforti>
- Mycokey MMI. (2014). Fungi. Basidiomycota. En Plantas y hongos. Recuperado de: <http://www.plantasyhongos.es/hongos/Basidiomycota.htm>
- Mycota (s.f.). *Penicillium chrysogenum*. Recuperado de: <http://mycota-crcc.mnhn.fr/site/specie.php?idE=106#ancre1>
- Micology section. (s.f.). History. Recuperado del sitio de internet de la Universitá de Pavia: <http://www-3.unipv.it/det/homepage/micologia/history.htm>
- Mycologista. (2010). Blue Mushroom Sap--*Lactarius indigo*. Recuperado de: <https://mycologista.blogspot.com/2010/06/blue-milk.html>
- Nardoni, S., Rocchigiani, G., Papini, R. y Mancianti, F. (2016). Dermatophytosis in donkeys (*Equus asinus*) due to *Microsporium racemosum*, an unusual geophilic. Recuperado de: https://www.researchgate.net/figure/Alopecic-areas-on-the-neck-of-an-infected-donkey_fig1_304527540. 2016
- Naseri, A., Fata, A. y Khosravi, A. (2012). The first case of *Microsporium persicolor* infection in Irán. *Jundishapur Journal of Microbiology*, 5(1), 362-364.
- Neto, V. & Pasternak, J. (2003). O paradigma Carlos da Silva Lacaz. *Revista da Sociedade brasileira de medicina tropical*, 36(2). Recuperado de http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0037-86822003000200018.
- Nijhuis, J. (03 de junio de 2016). Henri Romagnesi. En Sieplex [Mensaje en un blog]. Recuperado de <http://sieplex.com/article/henri-romagnesi>

- Nishimura, K. (1999). *Microsporum fulvum*. Chiba University Research Center for Pathogenic Fungi and Microbial Toxicoses. Recuperado de: http://www.pf.chiba-u.ac.jp/gallery/fungi/m/Microsporum_fulvum_microscopy.htm
- Noragueda, C. (01 de diciembre de 2015). Por qué la penicilina es tan importante para la humanidad. En Hipertextual [Mensaje en un blog]. Recuperado de: <https://hipertextual.com/2015/12/penicilina>
- Omicrono (2012). Curiosidades vitamínicas (II): Vitamina B2. Recuperado de <http://omicrono.elespanol.com/2012/06/curiosidades-vitaminicas-vitamina-b2/>
- O'Reilly, P. (2011). Julius Vincenz von Krombholz a brief biography. En First nature. Recuperado de <http://www.first-nature.com/fungi/~biog-krombholz.php>
- Pabón de S., R. (s.f.). Axel Rodolfo Santiago. En Cazadores de microbios. Recuperado de: http://www.cazadoresdemicrobios.com.ve/consulta_biografia.php?id_biografia=101
- Padilla, A. (2002). *Penicillium chrysogenum*. *Revista iberoamericana de micología*, (19), 36-39. Recuperado de: <http://hongos-alergenicos.reviberoammicol.com/files/O36.PDF>
- Padilla, M., Bernal, U., Vélez, A. y Montoya, R. (2000). Caracterización patogénica y morfológica de aislamientos de *metarhizium anisopliae* obtenidos de diferentes órdenes insectiles. *Cenicafé*, 51(1), 28-40. Recuperado de: [http://www.cenicafe.org/es/publications/arc051\(01\)028-040.pdf](http://www.cenicafe.org/es/publications/arc051(01)028-040.pdf)
- Paige, B. (s.f). Lactarius indigo [Mensaje en un blog]. Recuperado de: <https://www.emaze.com/@AOQCWRIO/Blue-Milk-Cap>
- Pardo, V. (1995). *Hongos fitopatógenos de Colombia*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Pemán, J. y Salavert, M. (2013). Epidemiología y prevención de las infecciones nosocomiales causadas por especies de hongos filamentosos y levaduras. *Enfermedades infecciosas y microbiología clínica*. 31(5), 328-341.
- Penicillium Notatum Gram. (s.f.). Keyword images. Recuperado de: <http://t-flower20.info/ngenci/O2/penicillium-notatum-gram/>

- Peña, R. y Páez, J. (s.f.). *Fitopatología. Hongos fitopatógenos*. Tunja: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Recuperado de: <http://virtual.uptc.edu.co/ova/fito/archivo/HONGOS.pdf>
- Pereyra, M. (10 de mayo de 2014). Un homenaje al doctor Posadas en el Hospital de clínicas. En Historia Saladillo. Recuperado de: <http://historiasaladillo.com.ar/hs/2014/05/un-homenaje-al-doctor-posadas-en-el-hospital-de-clinicas/>
- Pérez, J. (2012). Sintomatología e identificación del agente causal del tizón gomoso del tallo en sandía (*Citrullus lanatus* (thunb.) Mmatsum y Nakai) en la isla de la juventud. *Revista Protección Vegetal*, 27(1). Recuperado de: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522012000100003
- Pérez, P., J. y Merino, M. (2008). Definición de seborrea. En Definición de. Recuperado de: <https://definicion.de/seborrea/>
- Pérez, P., J. y Merino, M. (2010). Definición de quiste. En Definición de. Recuperado de: <https://definicion.de/quiste/>
- Pérez, W. y Forbes, G. (2008). *El Tizón tardío de la papa*. Perú: Centro internacional de la papa. Recuperado de: www.cipotato.org/publications/pdf/004271.pdf.
- Peronospora farinosa. (23 de mayo de 2008). En Discover life [Mensaje en un blog]. Recuperado de http://www.discoverlife.org/mp/20p?see=I_MWS76145&res=640
- Pillai, R., Lakhe, M., Shetty, A. y Soman, R. (2016). Pioneers in medical mycology and mycobacteriology. Pioneers in infectious diseases. *Journal of the Association of physicians of India*, (64). Recuperado de: http://www.japi.org/february_2016/24_piid_pioneers_in_medical.html
- Pinheiro, P. (14 de noviembre de 2017). Pitiriasis versicolor, causas, síntomas y tratamiento. En MD. Saúde [Mensaje en un blog]. Recuperado de: <http://www.mdsaude.com/es/2016/10/pitiriasis-versicolor.html>
- Piña, (s.f.). Sensibilidad antifúngica de los dermatofitos. (Tesis doctoral. Universitat Rovira i Virgili Reus, España).
- Pinterest (s.f). *Penicillium notatum*. Recuperado de: <https://co.pinterest.com/pin/351069733426821131/>

- Piontelli, E. y Vivar, V. (2007). Casos clínicos: *Microsporium praecox* Y *Acremonium strictum* Nuevos agentes de Micosis cutáneas oportunistas en la zona central de Chile. *Boletín Micológico*, 22, 55-63. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/317998678_Casos_Clinicos_Microsporium_praecox_y_Acremonium_strictum_nuevos_agentes_de_micosis_cutaneas_oportunistas_en_la_zona_central_de_Chile
- Placas de petri agar extracto de levadura (n.d.). En Aravanlabs. Recuperado de: <http://aravanlabs.com.uy/wp-content/uploads/2015/12/especificaciones-placas-de-petri-agar-extracto-de-levadura.pdf>
- Plastic Seurgery Key. (s.f.). 62 Superficial Fungal Infections. Small-Spored Ectothrix Infections. Recuperado de: <https://plasticsurgerykey.com/62-superficial-fungal-infections/>
- Polifilético (n.d.). En Glosbe diccionario online multilingüe. Recuperado de: <https://es.glosbe.com/es/es/polifil%C3%A9tico>
- Pontón, J. (2008). La pared celular de los hongos y el mecanismo de acción de la anidulafungina. *Revista iberoamericana de micología*, (25), 78-82. Recuperado de: <http://www.reviberoammicol.com/2008-25/078082.pdf>
- Porro, A., Yoshioka, M., Kaminski, S., Palmeira, M., Fischman, O. & Alchome, M. (1997). Disseminated dermatophytosis caused by *Microsporun gypseum* in two patients with the acquired immunodeficiency syndrome. *Mycopathologia*, 137(1), 9-12. Recuperado de: <https://link.springer.com/article/10.1023/A%3A1006806304125>
- Portal Académico. (2017). Polisacáridos. México: UNAM. Recuperado de: <https://portalacademico.cch.unam.mx/alumno/quimica2/unidad2/carbohidratos/polisacaridos>
- Pouliart, C. (2013). L'association. En Cercle mycologique du centre. Recuperado de: <https://www.mycologiehubertbourdot.com/presentation.html>
- Pozo, L., Pontes, M., Pozo, S., Robles, A. y Linares, S. (2015). *Mucor* spp. Mucormicosis diseminadas en pacientes sin inmunodeficiencias: una enfermedad que también existe. *Revista iberoamericana de micología*, 32(2), 63-70. Recuperado de: <http://www.elsevier.es/es-revista-revista-iberoamericana-micologia-290-articulo-mucormicosis-diseminadas-pacientes-sin-inmunodeficiencias-S1130140614000631>

- Pozo, L., Pontes, M., Pozo, S., Robles, A. y Linares, S. (2013). *Antifúngicos. Microbiología y Parasitología Médica*. España: Editorial Panamericana.
- Pozo, L., Pontes, M., Pozo, S., Robles, A. y Linares, S. (2007). *Identificación de hongos filamentosos*. España: Editorial Panamericana. Recuperado de: <https://bit.ly/2SOmi7o>
- Prieto, S. y Salve, M. (2000). *Manual de laboratorio clínico básico, principios generales*. Bogotá: McGraw Hill.
- Pscheidt, J. (2003). *Cómo diagnosticar y controlar las enfermedades de las plantas*. Oregon: State University. Recuperado de: <http://ir.library.oregonstate.edu/xmlui/bitstream/handle/1957/19683/ec1562-s-e.pdf>
- Pucheta, D., Flores, M., Rodríguez, N. y De la Torre, M. (2006). Mecanismo de acción de los hongos entomopatógenos. *INCI*, 31(12). Recuperado de: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442006001200006
- Pulido, J. (27 de marzo 2014). Reino fungi. En *Aprendiendo en un hogar biológico*. Recuperado de: <http://javierbiologi.blogspot.com.co/2014/03/reino-fungi-el-es-un-tema-desumo-porque.html>
- Pythium root and stem rot of bedding plants. (2007). Recuperado del sitio de internet de la Universidad de Illinois: <http://hyg.ipm.illinois.edu/pastpest/200714b.html>
- Querol, R. (23 de agosto de 2015). La simbiosis: relaciones entre los seres vivos. En *All you need is biology* [Mensaje en un blog]. Recuperado de: <https://allyouneedisbiology.wordpress.com/2015/08/23/relaciones-seres-vivos/>
- Queso reblochón (s.f). En *La boulette*. Recuperado de <http://www.laboulette.com/producto/283/queso-reblochon>
- Quindós, A. (01 de junio de 2015). Micosis: los hongos invisibles y las enfermedades que provocan. En *Investigación y ciencia*. Recuperado de: <http://www.investigacionyciencia.es/blogs/medicina-y-biologia/74/posts/micosis-los-hongos-invisibles-y-las-enfermedades-que-provocan-13225>
- Ramos, A., Cabero, M., Orden, B., Moreno, A. y Forés, R. (2012). Fungemia por *Rhodotorula mucilaginosa*. Presentación de dos casos. *Revista española de quimioterapia*, 25(1), 76-78.

- Ramos, E., Huang, J., Mérida, M. y Gómez, D. (26 de enero de 2008). Caso clínico N° 24. Criptococosis cutánea con diseminación al SNC en paciente inmunocompetente. En *Piel latinoamericana*. Recuperado de: <http://piel-l.org/blog/1911>
- Reblochón. (s.f.). Queso Reblochon. Recuperado de: <http://www.laboulette.com/producto/283/queso-reblochon>
- Renenberg, R. (2009). *Biología para principiantes*. España: Editorial Reverté. Recuperado de: <http://apuntesbiotecnologiageneral.blogspot.com.co/2015/04/estreptomycin-cefalospolina-y.html>
- Research team (2013). Professor Solomon P. Wasser. Recuperado del sitio de internet Science tradition: <http://www.scientifictradition.com/research-team/>
- Restrepo, A., Robledo, J., Leiderman, E., Restrepo, M., Botero y Bedoya, D. (2003). *Micología. Micosis sistémicas endémicas*. Medellín: Corporación de investigaciones biológicas (CIB).
- Revolv. (s.f.). *Cephalosporium acremonium*. Recuperado de: https://www.revolv.com/topic/Cephalosporium%20acremonium&item_type=topic
- Reyes, H. y Quezada, P. (2013). *Cromoblastomycosis micosis subcutáneas*. México: Universidad Autónoma de Chihuahua. Recuperado de: <https://es.slideshare.net/MichelleQuezada/8cromoblastomycosis>.
- Ribera, M. (04 de febrero de 2008). Darling, Samuel (1872-1925). En *Microbiólogos ilustres* [Mensaje en un blog]. Recuperado de: <http://microilustres.blogspot.com.co/2008/02/darling-samuel-1872-1925.html>
- Riley, M., Williamson, M. y Maloy, O. (2002). *Diagnóstico de enfermedades en plantas*. Washington: American pathology society. Recuperado de: <https://www.apsnet.org/edcenter/intropp/topics/Pages/DiagnosticoEnfermedadesPlantas.aspx>
- Ríos, H. (05 de diciembre de 2013). Enfermedad de Beurmann. Esporotricosis gomosa diseminada. En *Epónimos*. Recuperado de: <https://eponimossalud.blogspot.com.co/2013/12/enfermedad-de-beurmann.html?m=0>

- Rippon, J. (1990). *Medical mycology. The pathogenic fungi and the pathogenic actinomycetes*. México: Editorial McGraw-Hill. Recuperado de: <http://repositorio.uileam.edu.ec/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=821>
- Rivalier. (1953). *Microsporium praexco*. En La mycologie sur le web. Recuperado de <http://coproweb.free.fr/mycoweb/fiches04.htm#microsporumpraecox>
- Rivera, C. (1999). *Estructuras de sobrevivencia y reproducción. Conceptos introductorios a la fitopatología*. Costa Rica: Universidad estatal a distancia.
- Rivera, M., Codina, J. (s.f.). Mecanismo de infección de los hongos fitopatógenos. *Encuentros en la biología*, 1(36). Recuperado de: <http://www.encuentros.uma.es/encuentros36/fitopatogenos.html>
- Rodríguez, A., Guillén, C., Valle, H., Uva, V., Segura, R., Laprade, S. y Sandoval, J. (2010). *Aspectos a considerar sobre el Control Biológico*. Costa Rica: Corporación Bananera Nacional. Recuperado de: <http://cep.unep.org/repcar/proyectos-demostrativos/costa-rica-1/publicaciones-corbana/control-biologica>
- Rodríguez, B. (28 de marzo de 2016). *Trichophyton concentricum. Microsporium audouinii*. Em Atlas de identificación micológica [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://atlasdemicologia.wordpress.com/2016/03/28/trichophyton-spp/>
- Rodríguez, C., Arenas, R., Moreno, C., Vásquez, E., Fernández, R. y Chang, P. (2012). Micosis sistémicas en pacientes con virus de la inmunodeficiencia humana/sida. *Actas dermo-sifiliográficas*, 105(1), 5-17. Recuperado de: <http://www.actasdermo.org/es/micosis-sistemicas-pacientes-con-virus/articulo/S0001731012004176/>.
- Rodríguez, C., Aguilar, C. y Rodríguez, H. (2012). Control de insectos-plaga en la agricultura utilizando hongos entomopatógenos: retos y perspectivas. *Revista científica de la Universidad Autónoma de Coahuila*, 4(8), 42-55. Recuperado de: <http://www.posgradoeinvestigacion.uadec.mx/AQM/No.%208/5.html>
- Rodríguez, I. A. (03 de diciembre de 2015). La ciencia de penicillium: ¿por qué comer queso azul? En Mas Science [Mensaje en un blog]. Recuperado de: <https://www.masscience.com/2015/12/03/la-ciencia-de-penicillium-por-que-comer-queso-azul/>

- Rodríguez, I. A. (9 de octubre de 2015). Hongos que producen vitamina B2 en forma "orgánica". En Mas Science. [Mensaje en un blog]. Recuperado de: <https://www.masscience.com/2015/10/09/hongos-que-producen-vitamina-b2-en-forma-organica/>
- Rodríguez, L. (03 de marzo de 2016). Trichosporon spp. En Atlas de identificación micológica. [Mensaje en un blog] Recuperado de: <https://atlasdemicologia.wordpress.com/2016/03/30/trichosporon-spp/>
- Rodríguez, T. y Cuenca, E. (2001). Importancia médica de la identificación de los hongos patógenos humanos al nivel de especie. *Revista clínica española*, 201(4), 188-190. Recuperado de: <http://www.revclinesp.es/es/importancia-medica-identificacion-los-hongos/articulo/13016148/#affa>.
- Rojas, P., Pastrana, R., Toledo, M., Valencia, A., Mena, C. y Bonifaz, A. (2013). Esporotricosis cutánea linfangítica por mordedura de araña. *Revista de dermatología mexicana*, (57), 479-484. Recuperado de: <http://www.medigraphic.com/pdfs/derrevmex/rmd-2013/rmd136l.pdf>
- Romero, B. (2007). Avances en la taxonomía y sistemática de los hongos: una revisión general. En *La sistemática, base del conocimiento de la biodiversidad*. México: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Recuperado de: <https://bit.ly/2tRDM8D>
- Romero, C. (2007). *Glosario. Malassezia furfur. Microbiología y Parasitología humana. Bases etiológicas de las enfermedades etiológicas*. México: Editorial Médica Panamericana.
- Romero, S. (s.f). ¿Qué es la caquexia? En Muy interesante. Recuperado de: <https://www.muyinteresante.es/salud/preguntas-respuestas/que-es-la-caquexia-351485518698>
- Rosas, Q. y Gaillardín, C. (2011). El sistema Cre/loxP1 como una herramienta genética en *Yarrowia lipolytica*. *Revista mexicana de micología*, (33), 17-27. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmm/v33/v33a4.pdf>
- Roya (s.f). Recuperado del sitio de internet Cesvver <http://cesvver.org.mx/wp-content/uploads/Roya02.jpg>

- Ruark, S. (2007). Pathogen profile from *Pythium myriotylum*. En NC State University. Recuperado de https://projects.ncsu.edu/cals/course/pp728/myriotylum/pythium_myriotylum.html
- Sabouraud glucosado Agar (n.d). En Laboratorios Britania. Recuperado de <http://www.britanialab.com/productos/HT%20B04150%20REV%2001-SABOURAUD%20GLUCOSADO%20AGAR.pdf>
- Salar, R. y Aneja, K. (2007). Thermophilic Fungi: Taxonomy and Biogeography. *Journal of Agricultural Technology* 3(1), 77-107. Recuperado de http://ijat-aatsea.com/pdf/JUN_V3_07/8-IJAT2007_04-R.pdf
- Salas de D. y Días, P. (1984). Hongos parasíticos de oosporas de *peronosclerospora sorghi* bajo condiciones de inundación. *Agronomía Tropical*, 34(1-3), 87-94. Recuperado de http://www.sian.inia.gob.ve/revistas_ci/Agronomia%20Tropical/at3413/arti/salas_g.htm
- Saldarriaga, Y. y Pineda, F. (2001). *Manual de micología aplicada. Aislamiento e identificación de algunos hongos del suelo*. Medellín: Editorial Universidad de Antioquia.
- Samayoa, A. (s.f.). *Micosis cutáneas*. Guatemala: Universidad de San Carlos. Recuperado de <https://inmunologiaymicrobiologia.files.wordpress.com/2015/06/micosis-cutac2a6c3bcneas.pdf>
- Sánchez, de P., Marmolejo, F. y Bravo, N. (2000). *Nutrición y crecimiento. Microbiología. Aspectos fundamentales*. Colombia: Universidad Nacional.
- Sánchez, J. y Royse, D. (2002). La biología y el cultivo de *Pleurotus* spp. Chiapas: Colegio de la Frontera Sur y Editorial Limusa.
- Sánchez, S., Matos, S. y Kumakawa, S. (2009). Infecciones micóticas superficiales. *Dermatología peruana*, 19(3). Recuperado de: http://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/dermatologia/v19_n3/pdf/a09v19n3.pdf
- Sánchez, S., Galarza, M., y Matos, S. (2009). Infecciones micóticas subcutáneas. *Dermatología peruana*, 19(4). Recuperado de: http://sisbib.unmsm.edu.pe/BVRevistas/dermatologia/v19_n4/pdf/a11v19n4.pdf

- Sánchez, R. J. A. (2012). *Setas Comestibles y Tóxicas. Diferencias y Semejanzas*. España: Ediciones Mundi-Prensa. Recuperado de: <https://bit.ly/2TrALdV>
- Sanipro, S. (2016). Insecticida biológico *Metarhizium Anisopliae*. En Sanidad profesional. Recuperado de: <http://www.saniprosrl.com.ar/metarhizium-anisopliae/>
- Santa, Z., L. A. (2015). Trichosporon beigelii. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=NoLzqQQ_bHg
- Saúl, A. y Bonifaz, A. (2011). Clasificación de la esporotricosis. Una propuesta con base en el comportamiento inmunológico. *Revista mexicana de dermatología*, 55(4), 200-208. Recuperado de: <http://www.medigraphic.com/pdfs/derrevmex/rmd-2011/rmd114g.pdf>
- Schäfer, W. (1994). Molecular mechanisms of fungal pathogenicity to plants. Berlin. Germany. *Revisión anual de fitopatología*, (32), 461-477. Recuperado de: <http://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.py.32.090194.002333>
- Scheivar, E. (s.f.). Reino Fungi. En Geocities. Recuperado de: <http://www.geocities.ws/hongosgratis/fungi.html>
- Schuster, J. (2017). *Agallas. Roya del manzano y del enebro. Enfermedades producidas por los hongos en las plantas*. Illinois: Universidad de Illinois. Recuperado de: http://extension.illinois.edu/focus_sp/cedarapplerust.cfm.
- Schwein, Fr. (s.f.). *Lactarius indigo*. En Asociación micológica fungipedia. Recuperado de: <https://www.fungipedia.org/hongos/lactarius-indigo.html>
- Servicio Nacional de Aprendizaje. (2010). *Hongos comestibles y medicinales. Biología. Generalidades*. Colombia: autor. Recuperado de: <http://hongossenacaldas.blogspot.com.co/p/biologia.html>
- Sharma, R. & Choudhary, N. (2015). Isolation of Keratinophilic Fungi from Soils Samples of Agricultural Fields of Saharanpur (U.P), India. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci*, 4(7), 229-237. Recuperado de: <https://www.ijcmas.com/vol-4-7/Richa%20Sharma%20and%20Neeraj%20Choudhary.pdf>

- Sierra, X. (2016). David Gruby (III): Algunos errores [Mensaje en un blog]. Recuperado de: <http://xsierrav.blogspot.com.co/2016/06/david-gruby-iii-algunos-errores.html>
- Silva, M. (2015). *Investigación de hongos filamentosos superiores hialino en pacientes del asilo de bien público de la junta de beneficencia de Guayaquil, durante el período de enero a junio del 2015*. Ecuador: Universidad Nacional de Chimborazo. Recuperado de: <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/1304/1/UNACH-EC-LAB.CLIN-2015-0003.pdf>
- Sobrado, S., Cabral, E. y Romero, F. (2013). *Hongos. Diversidad Vegetal*. Argentina: Universidad Nacional del Nordeste. Recuperado de: <http://exa.unne.edu.ar/carreras/docs/Estudio%20HONGOS.pdf>
- Sociedad Castellano-Leonesa de Micología. (25 de agosto de 2016). Atlas micología [Mensaje en un blog]. Recuperado de: <http://www.socalemi.es/index.php/atlas/micologia/microsporum>,
- Sociedad mexicana de dermatología A. C. (2015). *Maestro Amado Saúl Cano*. México: autor. Recuperado de: <http://www.smdac.org.mx/noticias/amado-sa%C3%BAI-1931-2015/#>
- Sociedad micológica cantábrica. (2017). Comité Científico Multicongreso 2017. En *Micología Somican*. Recuperado de: <http://somican.com/comite-cientifico-multicongreso-2017/>
- Soria, F. (2009). Potato dextrose agar tubo. (Difco Ficha técnica). Recuperado del sitio de internet de Francisco Soria Melguizo: http://f-soria.es/Inform_soria/Difco%20Fichas%20tecnicas/TUBOS%20DIFCO/FT%20POTATO%20DEXTROSE%20AGAR.pdf
- Soto, M. (17 de abril de 2016). Rhodotorula. En *Microbiología de Alimentos* [Mensaje en um blog]. Recuperado de: <http://microenalimentos.blogspot.com.co/2016/04/rhodotorula.html>
- Spiewak, R. (1998). Zoophilic and geophilic fungi as a cause of skin disease in farmers. *Annals of agricultural and environmental medicine: AAEM*, 5(2), 97-102. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/13426624_Zoophilic_and_geophilic_fungi_as_a_cause_of_skin_disease_in_farmers

- Stadler, T. (s.f.). *Parásitos*. Recuperado de: <http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/Parasitos.htm>
- Stanier, R. Y., Ingrham, J., Wheelis, M. y Painter, P. (1992). *Producción de otras sustancias químicas por microorganismos*. Barcelona: Editorial Reverté.
- Starck, F., Saponaro, A., Marini, M., Casas, J., Vigovich, F. y Agorio, I. (2011). Esporotricosis cutánea fija. *Archivos Argentinos Dermatología*, (61), 12-15. Recuperado de: <http://www.archivosdermato.org.ar/Uploads/61;%208-11;%202011.pdf>
- Storey, M. (2011). *Peronospora farinosa*. Encyclopedia of life. Recuperado de: <https://www.discoverlife.org/mp/20q?search=Peronospora+farinosa&b=EOL/pages/188514>
- Tangarife, C. (2011). *Lacazia loboi*. Medellín: Universidad de Antioquía. Recuperado de: <http://aprendeonline.udea.edu.co/lms/moodle/mod/page/view.php?id=100840>.
- Tangarife, C. (2011a). *Trichophyton schoenleinii*. Medellín: Universidad de Antioquía. Recuperado de: <http://aprendeonline.udea.edu.co/lms/moodle/mod/page/view.php?id=100800>
- Tangarife, C. (2016). Identificación de dermatofitos. Medellín: Universidad de Antioquía. Recuperado de: <http://aprendeonline.udea.edu.co/lms/moodle/mod/page/view.php?id=100802>
- Tapia, C. (2005). Mecanismos de acción, reacciones adversas y nuevos antimicóticos. *Medwave revista biomédica*, 5(4). Recuperado de: <https://www.medwave.cl/link.cgi/Medwave/PuestaDia/Cursos/3548>
- Taxateca.com (s.f.). Clase: Sordariomycetes. Características del grupo. Recuperado de: <http://www.taxateca.com/clasesordariomycetes.html>
- Tecnologías Naturales Internacional. (2014). Bioinsecticida. Bacterias y hongos entomopatógenos. Recuperado de: <http://www.bactiva.com/index.php/es/tecnologias/226-bioinsecticida>
- Tello, J., Fisac, R. y Vares, F. (1991). *Conservación de microorganismos fitopatógenos: hongos*. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

- The center for food security & Publiin health e institute for international cooperation in animal biologics. (16 de mayo de 2008). Dermatofitosis [Mensaje en un blog]. Recuperado de: <http://www.cfsph.iastate.edu/Factsheets/es/dermatofitosis.pdf>
- The University of Adelaide. (2016). *Trichophyton verrucosum*. *Trichophyton violaceum*. Recuperado de: <https://mycology.adelaide.edu.au/descriptions/dermatophytes/trichophyton/>
- Toledo, A., De Remes, L. y López, L. (2008). Host range findings on *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* (Ascomycota: Hypocreales) in Argentina. *Bol. Soc. Argent. Bot.*, 43(3-4). Recuperado de: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-23722008000200004
- Tom Volk's fungus (s.f). *Blastomyces dermatitidis* [Mensaje en un blog]. Recuperado de http://botit.botany.wisc.edu/toms_fungi/jan2001.html
- Tormo, R. (2014). *Apotecio*. Recuperado del sitio de internet de la Universidad de Extremadura: <https://www.eweb.unex.es/eweb/botanica/>
- Tórtora, G., Funke, B. y Case, C. (2007). *Introducción a la Microbiología. Hongos mucosos*. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana.
- Universite de Bretagne Occidentale. (s.f). *Systématique*. Recuperado de: <http://www.univ-brest.fr/esiabscientifique/Mycologie/Les+fiches+pratiques/P.+roqueforti>.
- Ugalde, de la C. (2013). Relaciones ecológicas de los macromicetos en diferentes tipos de vegetación presentes en la Estación científica Bosque escuela, Iturbide, N.L. (Tesis de maestría). México: Universidad Autónoma de Nuevo León. Recuperado de: <http://eprints.uanl.mx/3733/1/1080256677.pdf>
- Ulloa, M. (s.f). *Estructuras somáticas y reproductoras, representativas de varios grupos de hongos, estructuras de fijación u absorción, derivadas de hifas*. México: UNAM. Recuperado de <http://unibio.unam.mx/irekani/bitstream/123456789/32026/1/11725.jpg>.
- Umaña, L. y Soto, S. (2006). Hongos entomopatógenos *Cordyceps* y similares. Recuperado de: <http://www.inbio.ac.cr/papers/entomopatogenos/>.

- Unidad de Fitopatología. (s.f.). Hongos fitopatógenos. Principales síntomas y signos de enfermedades causadas por hongos. Uruguay: Universidad de la República de Uruguay. Recuperado de: <http://www.pv.fagro.edu.uy/fitopato/cursos/fitopato/practicas/hongos.html>
- Universidad Católica de Manizales. (27 de agosto de 2015). Científico de talla mundial en micología, estuvo de visita en la UCM. Recuperado del sitio de internet de UCM: <http://www.ucm.edu.co/2015/08/27/cientifico-de-talla-mundial-en-micologia-estuvo-de-visita-en-la-ucm/>
- Uña, A. (2013). *Optimización de la producción de riboflavina en Ashbya gossypii basada en el análisis funcional de las rutas de recuperación de nucleobases de purina*. España: Universidad de Salamanca. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=81156>
- Urbina, Ch. (2011). *Enfermedades causadas por hongos*. Nicaragua: Universidad Católica Agropecuaria del Trópico Seco Francisco Luis Espinoza. Fitopatología General. Recuperado de: <https://martinurbina.files.wordpress.com/2011/08/unidad-iv-enfermedades-causadas-por-hongos.pdf>
- Urdaneta, L., Sanabria, M., Rodríguez, D. y Pérez, M. (2013). Antracnosis caused by *Colletotrichum acutatum* simmonds in strawberry fruit in Lara and Trujillo states, Venezuela. *Revista de la Facultad de agronomía* 30(4), 504-528. Recuperado de: https://www.researchgate.net/figure/288353484_fig1_Figura-3-Estructuras-reproductivas-producidas-por-Colletotrichum-sp-A-Acervulos-sobre
- Uribarren, B., Bazán, M. y Castañón, O. (2016). *Generalidades de micología*. México: UNAM. Recuperado de: <http://www.facmed.unam.mx/deptos/microbiologia/micologia/generalidades.html>
- Uribe, M. y Cardona, C. (2013). Mecanismos de adherencia e invasión de dermatofitos a la piel. *Revista CES Médica*, 27(1), 67-75. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/html/2611/261128621006/>
- Valle, L. (2014). *Piedra blanca. Infecciones micóticas superficiales. Dermatología pediátrica. Enfoque práctico*. Argentina: Editorial Dunken. Recuperado de: <https://bit.ly/2NNTfQd>

- Vallejo, D., Benavides C., Chaves. C., Morillo, M. y Castillo, A. (2016). Aislamiento de *Cryptococcus neoformans* en heces de palomas (*Columba livia*) en el casco urbano del municipio de Pasto, Colombia. *Revista Biosalud*, 15(1), 62-71. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/biosa/v15n1/v15n1a07.pdf>
- Vargas, J. (2013). Texto de Micología. Clínica de las Dermatofitosis o Tineas. Recuperado del sitio de internet Scribd: <https://es.scribd.com/document/341929149/texto-micologia-2013>
- Varón, S., Pacheco, A. y Lazarde, L. (26 de enero de 2005). Aislamiento e identificación micológica de *Paraccocidioides brasiliensis* de una lesión bucal. *Acta odontológica venezolana* [Mensaje en un blog]. Recuperado de: http://www.actaodontologica.com/ediciones/2005/2/aislamiento_identificacion_micologica_paraccocidioides_brasiliensis.asp
- Velásquez, E. (15 de mayo de 2010). La Medicina y la Micología (Historia). Asociación micológica fungipedia [Mensaje en un blog]. Recuperado de: <https://www.fungipedia.org/103-mi-blog/general/379-la-medicina-y-la-micologia-historia.html>.
- Vélez, P., Posada, F., Marín, P., González, M., Osorio, E. y Bustillo, A. (1997). *Técnicas Para el control de calidad de formulaciones de hongos entomopatógenos*. Primera edición. Chinchiná (Caldas): CENICAFÉ.
- Verticillium (2017). En Ethiopian horticulture producer exporters association. Recuperado de: <http://www.ipmsupportethiopia.org/index.php/articlees/latest-articles/biological/micro/10-verticillium>
- Vetlab. (2005). Laboratorio Especializado. Laboratorio de referencia de los principales zoológicos, clínicas y escuelas de medicina veterinaria en Chile. Recuperado de: <http://vetlab.blogspot.com/2005/09/>
- Viajarseguro.org. (2014). Lobomicosis (Enfermedad de Jorge Lobo ó Blastomicosis queuloide). Recuperado de: <http://fundacionio.org/viajar/enfermedades/lobomicosis.html>
- Vidal, A. (17 de mayo de 2013). Microsporium. Microbiología [Mensaje en un blog]. Recuperado de: <https://microbiologia.wordpress.com/2013/05/17/microsporium/>

- Vikidia. (s.f). Fermentación. Recuperado de: <https://es.wikidia.org/wiki/Fermentaci%C3%B3n>
- Villegas, A. (2017). *Trichodermas: Características generales y su potencial biológico en la agricultura sostenible*. Recuperado de: <https://verdecafe.blog/2017/01/18/micro-amigos/>
- Vives, R. y Valcayo, A. (2002). *Tratamiento de la pitiriasis versicolor*. Recuperado del sitio de internet Cimerman medicina diagnóstica: <http://www.cimerman.com.br/artigos/Dermatologia/ptiriase%20versicolor.pdf>
- Viviani, M. (2008). *Edouard Drouhet*. Recuperado del sitio de internet European Confederation of Medical Mycology: <http://www.ecmm.eu/node/29>
- Volk, T. y Mossman, T. (2005). *Paracoccidioides brasiliensis*, cause of paracoccidioidomycosis, aka South American Blastomycosis or Brazilian Blastomycosis. Recuperado de: https://botit.botany.wisc.edu/toms_fungi/jan2005.html
- Volk, T. J. (2000). This month's fungus is *Entomophthora muscae*, a fungus that infects houseflies. Recuperado de: https://botit.botany.wisc.edu/toms_fungi/mar2000.html
- Watson, R. (s.f). The virtual edge: Lab 13 Fungi. *Sacharomyces cerevisiae*. Recuperado del sitio de internet de la Universidad de Wyoming: http://www.uwyo.edu/virtual_edge/lab13/fungi_results.htm
- Wiki visually (s.f). *Eremothecium gossypii*. Recuperado de https://wikivisually.com/wiki/Ashbya_gossypii
- Wolfe, B. (8 de febrero de 2014). Digesting the science of fermented foods. Microbial foods org [Mensaje en un blog] *Yarrowia lipolytica*. Recuperado de: <http://microbialfoods.org/microbe-guide-yarrowia-lipolytica/>
- Wolfe, B. (2015). *Geotrichum candidum: A yeast holding on to its moldy past*. Recuperado de: <http://microbialfoods.org/geotrichum-candidum-mold-transition/>

Wolff, K., Goldsmith, L., Katz, S., Gilchrest, B., Paller, A. y Leffell, D. (2008). *Fitzpatrick Dermatología en Medicina General*. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana.

Wolff, K., Goldsmith, L., Katz, S., Gilchrest, B., Paller, A. y Leffell, D. (2008a). *Dermatología en medicina general*. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana. Recuperado de: <https://bit.ly/2SPdD4u>

Zapata, G. y Cardona, C. (2012). Lo que debemos saber sobre los métodos de sensibilidad a los antifúngicos. *Revista CES Médica*, 26(1), 71-83.

© Copyright 2019
Universidad Católica de Manizales

Todos los derechos reservados por la Universidad Católica de Manizales. No se permite reproducir, almacenar en sistemas de reproducción de la información ni transmitir parcial o totalmente esta producción, incluido el diseño, cualquiera que sea el medio empleado: electrónico, mecánico, fotocopia, grabación, etc., sin el permiso del titular de los derechos de propiedad intelectual.

MICOLOGÍA GENERAL

El Libro de Micología General invita a explorar, analizar, observar, obtener información, evaluar métodos y compartir resultados, que fortalecen el conocimiento de organismos del reino Fungi, en las diferentes relaciones ecológicas para el bien de la comunidad académica, con una gama de generalidades, descripciones morfológicas, patologías e importancia de hongos a nivel de clínica y de fitopatología, hongos contaminantes, hongos utilizados para el control de plagas, de insectos, y hongos importantes a nivel industrial, que conforman un mundo complejo en lo morfológico, metabólico y funcional.

