Bol. Soc. Bot. México 54: 225-250 (1994)

Caracteres culturales de *Fomitopsis pinicola* y *Heterobasidion annosum*, hongos xilófagos de importancia forestal asociados a pudriciones en oyamel¹

MARÍA ELENA RUIZ RODRÍGUEZ y LUIS MANUEL PINZÓN-PICASEÑO²

RESUMEN. Se describen las características culturales del micelio de ocho aislamientos de *Fomitopsis pinicola* (Sw. ex Fr.) P. Karst., y uno de *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref., según el método de Nobles (1965), como una fase inicial para el diagnóstico de problemas de pudrición de la madera en oyameles de una zona del Nevado de Toluca, Estado de México.

ABSTRACT. The cultural characters of eight isolates of *Fomitopsis pinicola* (Sw. ex Fr.) P. Karst., and one of *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref., are described according to Nobles's method (1965). This is an initial stage for the diagnosis of wood-decay problems in firs from a Nevado de Toluca, State of Mexico stand.

La pudrición de la madera en los árboles es importante porque afecta la producción forestal y a la conservación de los bosques. Este campo particular no se ha desarrollado mucho en México por falta de métodos prácticos para su estudio. Para contribuir a resolver esta problemática, en el presente trabajo se expone la aplicación de una alternativa de laboratorio.

La identificación de los hongos asociados a la pudrición de la madera en árboles es crucial para el diagnóstico. Cuando se cuenta con teleomorfos (cuerpos fructíferos), se emplean los métodos micoflorísticos usuales, pero donde faltan éstos, o cuando

¹ Este trabajo forma parte de la tesis profesional de la primera autora, presentada en 1991 en la Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México.

² Laboratorio de Biodeterioro y Preservación de Productos Forestales, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Apdo. Postal 70-233, Delegación Coyoacán, 04510, México, D.F.

existen diferentes colonias miceliales en un mismo árbol y se sospecha que no son de una misma especie, se debe recurrir a las características culturales. Aunque existen diversos métodos para el estudio de los micelios aislados en cultivo puro (Long y Harsch, 1918; Fritz, 1923; Campbell, 1938; Davidson *et al.* 1938; Cartwright y Findlay, 1954; Nobles, 1948; Stalpers, 1978), el método de Nobles (1965) es quizá el más confiable. En México, este método se ha utilizado para el diagnóstico de pudriciones en postes de madera de líneas eléctricas, lográndose la identificación de tres especies de hongos xilófagos (Obregón-Arce y Echenique-Manrique, 1974).

En diversas regiones, *Fomitopsis pinicola* (Sw. ex Fr.) P. Karst. (= *Boletus pinicola* Sw., *Polyporus pinicola* (Sw.) Fr., *Fomes pinicola* (Sw. ex Fr.) Cooke) y *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. (= *Polyporus annosus* Fr., *Fomes annosus* (Fr.) Cooke), han sido considerados importantes agentes degradadores de madera en las coníferas (Cartwright y Findlay, 1958; Boyce, 1961). En nuestro país, la relación existente entre estas dos especies con el efecto perjudicial que causan en los árboles, se ha reconocido desde hace tiempo. En 1930, Gándara citó la importancia de *Polyporus annosus* en los pinos. Martínez (1953), mencionó la presencia ocasional de *Fomes pinicola*, con fructificaciones de hasta 2 kg de peso, sobre troncos de *Abies religiosa*, en el Estado de México. Guzmán (1963) consideró a *Fomes pinicola* como uno de los hongos capaces de desarrollarse tanto en madera viva como en madera muerta de *Abies*. Holroy y Barrett (1966), encontraron en la zona del Cofre de Perote, Veracruz, a *Fomes pinicola* causando descomposición rápida de madera caída y quebrantamiento del fuste de árboles vivos; y a *Fomes annosus* sobre pinos caídos y en pie. Martínez-Barrera y Sánchez-Ramírez (1980) estudiaron a *Fomes annosus* como agente causal de pudrición de la raíz en los pinos. Sánchez-Ramírez (1980), encontró también a *Fomes annosus* y *F. pinicola* en la Meseta Tarasca de Michoacán, considerando a ambos como patógenos de los pinos. Por su parte, López-Barajas (1987) realizó una evaluación de la incidencia y desarrollo de la pudrición causada por *Fomitopsis pinicola* en oyameles del Ejido Loma Alta, en el Parque Nacional Nevado de Toluca, Zinacantepec, Estado de México, encontrando que el 58% de los árboles muestreados presentaron evidencias de pudrición del duramen, particularmente los individuos mayores de 60 años.

El estudio de López-Barajas (1987) motivó la planificación de un proyecto que consistió en explorar la zona más afectada, seleccionar casos representativos de los daños típicos y aislar cepas de los presuntos hongos causales, a partir de fructificaciones y de la madera con pudrición. Como una fase inicial en el diagnóstico del problema, se estudiaron las características culturales de los micelios aislados, para identificar y describir a los hongos asociados con pudrición de la madera en oyameles de la zona de estudio.

ÁREA DE ESTUDIO

El Ejido Loma Alta, está ubicado en el Parque Nacional Nevado de Toluca, en la parte SE del municipio de Zinacantepec, Estado de México (fig. 1), a 3,350 msnm de altitud. El clima, la topografía y la vegetación han sido descritos respectivamente en otros trabajos (Comisión del Territorio Nacional y Planeación, 1970; Vela-Gálvez *et al.* 1976; Guzmán-Huerta, 1958).

Fig. 1. Ubicación del Ejido Loma Alta en el Parque Nacional Nevado de Toluca, Zinacantepec, Estado de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Aislamiento de las cepas.- Los micelios fueron obtenidos del contexto de fructificaciones emergentes de árboles vivos, y también de madera con pudrición evidente, de troncos derribados o de tocones (cuadro 1). La determinación de los teleomorfos se realizó de la manera usual en micología. Para los aislamientos, se utilizó benomyl agar (Levy, 1976; Pinzón-Picaseño *et al.* 1982). Se incluyó también una cepa procedente de Francia, *Fomitopsis pinicola* FPRL-98, sin datos de colecta (Forest Products Research Laboratory, 1969), proporcionada por la Sección de Micología del Princes Risborough Laboratory, Reino Unido. Los especímenes y las cepas están depositados en las Colecciones de Hongos Xilófagos del Laboratorio de Biodeterioro y Preservación de Productos Forestales, Instituto de Biología, UNAM.

Fase inicial de los cultivos.- Las cepas fueron sembradas en cajas de Petri de vidrio esterilizadas de 100-X 20 mm, con extracto de malta agar (extracto de malta, 20 g; agar, 15 g; agua destilada, 1000 ml) esterilizado en autoclave a 103.4 kPa durante 20 min., e incubadas por 14 días a temperatura ambiente (23-25 °C) y obscuridad, para obtener el inóculo de los aislamientos en condiciones homogéneas de desarrollo y así disminuir su variabilidad. Para las observaciones, las cepas fueron transferidas a cajas de Petri similares, conteniendo 15 ml del mismo medio, e incubadas por 3 días como prueba de esterilidad. Finalmente, se tomaron inóculos de 7 mm de diámetro (con un sacabocados esterilizado) de las colonias previamente desarrolladas, a partir de la misma distancia radial, según el crecimiento de cada aislamiento. Los inóculos fueron colocados sobre el medio, cerca del borde de la placa, utilizándose dos repeticiones por aislamiento y lectura programada. La incubación se realizó bajo las condiciones mencionadas.

Estudio de las características culturales del micelio.- El crecimiento micelial fue observado cada 7 días, durante 6 semanas, registrando las características macroscópicas de la colonia: textura, crecimiento radial, color de las hifas y del micelio, olor, cambio de color inducido en el agar (observable por el reverso de la placa) y tendencia a fructificar. Las características microscópicas fueron observadas en fresco con KOH 5%, floxina 1% y azul de picroanilina, a partir de tres zonas (avance, intermedia y madura) de la colonia. Las observaciones comprendieron: tipo de hifas y septación, estructuras especiales formadas por diferenciación de hifas y esporas. La identificación de las estructuras fue llevada a cabo según las figuras y descripciones de la clave original, también la terminología usada. En algunos casos, el diámetro de las hifas solamente se midió para dar una indicación de lo que serían hifas anchas e hifas angostas. Los dibujos, trazados libremente, así como las fotomicrografías, fueron tomados a 500 X, no se intentó establecer su escala, ya que el método no lo requiere.

Se incluyen los datos de tipo de pudrición por ser esenciales para la identificación y las descripciones, aunque los detalles de las pruebas realizadas corresponden a otra contribución, por su metodología y análisis.

No se realizaron pruebas de interfertilidad por la imposibilidad de obtener cultivos monospóricos de todos los aislamientos. En cambio, se tomaron en cuenta otras características no consideradas por Nobles (1965), como presencia de cristales, de exudados y el pH del medio.

RESULTADOS

De los ocho aislamientos del Nevado de Toluca estudiados en este trabajo, 6 fueron determinados con base en características de su fructificación y 2 con base en sus caracteres culturales (cuadro 1). Los cuadros 2 y 4 resumen los resultados obtenidos de caracteres codificados y no codificados, respectivamente. En la descripción detallada de las características culturales del micelio de cada aislamiento, que se presenta a continuación, los números de las características codificadas se ubican entre paréntesis, los caracteres no codificados se expresan (s/n), el símbolo ($\pm$) indica presencia irregular y el signo (?) observación dudosa de la característica.

CUADRO 1. Cepas aisladas de árboles de *Abies religiosa* (H.B.K.) Schl. et Cham., con problemas de pudrición en el Ejido Loma Alta, Parque Nacional Nevado de Toluca, Estado de México.

No. DE CEPA	PROCEDENCIA DEL AISLAMIENTO	ESPECIE
NT-1	Árbol 1. Fructificación en árbol en pie	<i>F. pinicola</i>
NT-2	Árbol 1. Fructificación en árbol en pie	<i>F. pinicola</i>
NT-3	Árbol 1. Parte central del duramen, árbol en pie	<i>F. pinicola</i> *
NT-5	Árbol 2. Parte externa de la albura, árbol derribado	<i>H. annosum</i> *
NT-6A	Árbol 3. Fructificación en tronco caído	<i>F. pinicola</i>
NT-6B	Árbol 3. Fructificación en tronco caído	<i>F. pinicola</i>
NT-6C	Árbol 3. Fructificación en tronco caído	<i>F. pinicola</i>
NT-7	Árbol 4. Fructificación en tocón	<i>F. pinicola</i>

* Identificados por sus caracteres culturales.

CUADRO 2. Codificación de las características culturales, según la clave de Nobles (1965), de los aislamientos de *Fomitopsis pinicola* y *Heterobasidion annosum* del Nevado de Toluca y *F. Pinicola* de procedencia extranjera*.

ASILAMIENTOS	CARACTERES CODIFICADOS
NT-1	1. 3. 6. 8. 9. 11. 13. 15. 17? 22. 34. 35. 36. 38. 44. 50. 55.
NT-2	1. 3. 5. 6. 9. 11. 12. 15. 17. 33±. 34. 35. 36. 38. 46. 50. 55.
NT-3	1. 3. 6. 8. 9. 11. 17. 21. 34. 35. 36. 38. 45. 50. 55.
NT-5	2. 6. 11. 33. 34. 36. 38. 44. 53. 55.
NT-6A	1. 3. 9. 11. 15. 21. 22. 33±. 34. 35. 36. 38. 44. 50. 55.
NT-6B	1. 3. 5. 6. 8. 9. 10. 11. 15. 17. 24? 34. 35. 36. 38. 44. 50. 55.
NT-6C	1. 3. 5. 8. 9. 10. 11. 15. 17. 22. 34. 35. 36. 38. 44. 50. 55.
NT-7	1. 3. 5. 8. 9. 10. 11. 15. 17. 34. 35. 36. 38. 44. 50. 55.
FPRL-98*	1. 3. 6. 9. 10. 11. 15. 21. 22. 34. 36. 38. 44. 50.
<i>Fomitopsis pinicola</i> (según Nobles, 1965)	
	1. 3. 8. 32. 34±. 36. 38. 43-46. 54. 55. 59.
<i>Heterobasidion annosum</i> (según Nobles, 1965)	
	2. 5±. 6. 7. 10±. 11±. 33. 36. 37. 38. 42. 47±. 50. 53. 54±. 55.

CUADRO 3. Tipos de textura del micelio en cultivo (Extracto de Malta Agar).

Afelpada <i>Plushlike</i> **.	Textura similar a la aterciopelada, pero el micelio forma una pelusa más gruesa.
Algodonosa <i>Cottony</i> **.	Micelio erecto bastante largo (3-5 mm) disperso en todas direcciones.
Aterciopelada <i>Velvety</i> **.	Micelio que se organiza en una capa densa de hifas erectas, formando una pelusa como terciopelo.
Costrosa <i>Crustose</i> *.	Micelio muy denso y compacto formando costras generalmente de colores oscuros.
Farinácea <i>Farinaceous</i> *.	Micelio con una superficie de aspecto harinoso o pulverulento.
Fieltrosa <i>Felty</i> **.	Mata compuesta de micelio algodonoso o lanoso que se entrelaza compactamente formando una superficie parecida al fieltro.
Flocosa <i>Floccose</i> *.	Micelio consistente de pequeños mechones sobre el agar, o bien, un micelio parcialmente algodonoso a lanoso agregado en pequeños mechones erectos.
Gamuzada <i>Chamoislike</i> *.	Micelio liso compacto con el aspecto de gamuza fina.
Lagunosa <i>Lacunose</i> *.	Superficie del micelio con hoyos, huecos o depresiones.
Lanosa <i>Wooly</i> **.	Micelio compuesto de hifas muy largas o grupos de hifas, algo entrelazadas para formar una superficie semejante a una tela de lana de textura suave.
Plumosa <i>Plumose</i> **.	Micelio con hifas cortas o largas agrupadas en mechones que salen de un eje central, con aspecto de plumas o abanico.
Sedosa <i>Silky</i> *.	Micelio con hifas paralelas largas o en grupos poco densos, más o menos postradas, con el aspecto de la seda peinada.
Subfieltrosa <i>Subfelty</i> **.	Micelio apresado al agar formando una cubierta delgada, a menudo apenas visible.
Velosa <i>Downy</i> **.	Micelio con hifas finas cortas, frecuentemente erectas, esparcidas sobre la superficie del agar produciendo una mata delgada y translúcida.

* Descripción original de la clave de Nobles (1965).

** Descripción tomada de Long y Harsh (1918) y adoptada por Nobles (1965).

Fomitopsis Pinicola NT-1 (Nevado de Toluca, Méx.)

Figs. 2-12, 81-83.

Tipo de pudrición.- Pudrición morena (1).

Septación de hifas.- Hifas principalmente nodoso septadas, angostas y anchas de pared delgada (3), presentes en la zona de avance e intermedia (fig. 2). Hifas simple septadas (6) en la zona de avance (fig. 3).

Estructuras especiales formadas por diferenciación de hifas.- Fibrohifas (8) presentes en la zona intermedia. Hifas nodoso septadas de pared irregularmente engrosada (9) en la zona intermedia (fig. 4). Hifas con numerosas ramas cortas, recurvadas e irregulares (11) presentes en la zona de avance e intermedia (figs. 5, 81). Cistidios (13) observados en la zona de avance. Gleocistidios (15) observados en la zona de avance e intermedia (fig. 6). Setas aparentemente vistas (17?) en el micelio aéreo (fig. 7). Hifas en forma de nudo o bulbillo (22) en la zona madura (fig. 8). Hifas con aspecto de tirabuzón (s/n) (fig. 9).

Conidios, clamidosporas y oidios.- Clamidosporas (34) abundantes en la zona intermedia y madura en las primeras semanas (figs. 10, 82). Presencia de oidios (35) a las seis semanas (fig. 11).

Color de hifas y micelio.- Hifas hialinas y micelio blanco (36).

Cambios de color en el agar.- No produce cambios (38).

Grado de crecimiento.- El micelio cubre la superficie del medio en menos de cuatro semanas (44), crecimiento moderado.

Fructificación en cultivo.- No ocurrió en seis semanas (s/n).

Olor del cultivo.- Olor dulce parecido a frutas (50).

Substrato.- Asociado a pudrición en madera de gimnospermas (55).

Características no codificadas.- Textura del micelio variable, fieltrosa, algodonosa-plumosa a algodonosa (fig. 83). El pH fue de 2.5 a las tres semanas y a las seis semanas bajó a 2.0. Cristales rómbicos presentes en el cuarto periodo de observación (fig. 12). Exudados observados a las dos semanas.

Fomitopsis pinicola NT-2 (Nevado de Toluca, Méx.)

Figs. 13-21, 84-87.

Tipo de pudrición.- Pudrición morena (1).

Septación de hifas.- Hifas predominantemente nodoso septadas (3): unas largas, angostas y de pared delgada (figs. 13, 84); otras cortas, anchas y de pared gruesa; ambas predominantes en la zona de avance, y las primeras también en la zona intermedia. Hifas angostas, de pared delgada, con ocasionales fibulas múltiples (5), (figs. 14 y 84); pero más comúnmente simple septadas (6), predominantes en las zonas intermedia a madura (fig. 15).

CUADRO 4. Características no codificadas por Nobles (1965) de las cepas de *Fomitopsis pinicola* y *Heterobasidium amosum* del Nevado de Toluca y *F. pinicola* de Francia *.

Aislamiento y caracteres		Período de observación en semanas					
		1	2	3	4	5	6
NT1	Textura	Fi	Al-Pl	Fi	Fi	Al	Al
	pH	-	-	2.5	-	-	-
	Cristales	x	x	x		x	x
	Exudados	x		x	x	x	x
NT2	Textura	Sf	Fi	Sf	Fi	Fa-Fi	Fa-Fi
	pH	-	-	2.5	-	-	3.0
	Cristales	x	x	x	√	x	x
	Exudados	x	x	x	x	x	x
NT3	Textura	Al	Al	Al	Al	Al-Pl	-
	pH	-	-	2.5	-	-	2.0
	Cristales	x	√	x	x	x	x
	Exudados	x	√	√	x	x	x
NT5	Textura	Fa-Sf	Fa	Fa	Fa	Fl	-
	pH	-	-	5.0	-	4.0	-
	Cristales	x	x	x	x	x	x
	Exudados	x	x	x	x	x	x
NT6A	Textura	Fl	Al	Fl	Al-La	Fl	Fl
	pH	-	-	2.0	-	-	2.0
	Cristales	x	x	x	√	x	x
	Exudados	x	√	√	x	x	x
NT6B	Textura	Fi	Fi	Fl	Fl	Fl	La
	pH	-	-	2.0	-	-	2.0
	Cristales	x	√	x	x	x	x
	Exudados	x	√	x	x	√	x
NT6C	Textura	Af-Fl	Af-Fl	Af-Fl	Sf	Af-Fl	Af
	pH	-	-	2.0	-	-	2.5
	Cristales	x	x	x	√	x	x
	Exudados	x	√	x	x	x	x
NT7	Textura	Fi	Fl	Fl	Fl	Fl-Fa	Fl
	pH	-	-	2.0	-	-	2.0
	Cristales	x	x	x		x	x
	Exudados	x	√	x	x	√	x
FPRL98*	Textura	-	-	Al	Al	Al	Al
	pH	-	-	-	-	-	-
	Cristales	x	x	x	x	√	x
	Exudados	x	x	x	x	x	√

Textura: Af = Afelpada; Al = algodonosa; Fa = farinácea; Fi = fieltrosa; Fl = flocosa; La = lanosa; Pl = plumosa; Sf = subfieltrosa. (-) = no registrado; (√) = presentes; (x) = ausentes.

Estructuras especiales formadas por diferenciación de hifas.- Hifas nodoso septadas de paredes irregularmente engrosadas (9) en la zona de avance (fig. 16). Hifas con numerosas ramas cortas recurvadas e irregulares (11) en la zona intermedia (fig. 17). Hifas con numerosas ramas retorcidas e incrustadas (12) en la zona de avance (fig. 18). Gleocistidios (15) en la zona madura (figs. 19, 85). Setas presentes en el micelio aéreo (17) de la zona intermedia.

Conidios, clamidosporas y oidios.- Conidios ocasionalmente presentes (33±) en la zona intermedia. Clamidosporas inmaduras (34) en la zona intermedia (figs. 20, 86) y oidios presentes (35).

Color de hifas y micelio.- Hifas hialinas y micelio blanco (36).

Cambios de color en el agar.- No produce cambios (38).

Grado de crecimiento.- El micelio cubre la superficie del medio antes de las seis semanas (46), crecimiento lento.

Fructificación en cultivo.- No ocurrió en seis semanas (s/n).

Olor del cultivo.- Olor dulce parecido a frutas (50).

Substrato.- Asociado a pudrición en madera de gimnospermas (55).

Características no codificadas.- Textura del micelio variable, de subfieltrosa a fieltrosa a farinácea-fieltrosa (fig. 87). El pH fue de 2.5 a las tres semanas y aumentó a 3.0 a las seis semanas. Cristales rómbicos presentes en el cuarto periodo de observación (fig. 21). Exudados ausentes.

Fomitopsis pinicola NT-3 (Nevado de Toluca, Méx.)

Figs. 22-30, 88-90.

Tipo de pudrición.- Pudrición morena (1).

Septación de hifas.- Hifas predominantemente nodoso septadas de pared delgada (3), (figs. 22 y 88). Hifas simple septadas de pared delgada (6), (fig. 23). Ambas en la zona de avance. Hifas de pared gruesa (s/n) en la zona madura.

Estructuras especiales formadas por diferenciación de hifas.- Fibrohifas (8) presentes en la zona intermedia (fig. 24). Hifas nodoso septadas de pared irregularmente engrosada (9) en la zona de avance. Hifas con numerosas ramas cortas recurvadas (11) en la zona intermedia (fig. 25). Setas (17) en el micelio aéreo de las zonas de avance e intermedia (fig. 26). Hifas con masas resinosas adheridas a la pared (21) en la zona intermedia (figs. 27, 89). Hifas onduladas con aspecto de tirabuzón (s/n) en la zona madura (fig. 28).

Conidios, clamidosporas y oidios.- Clamidosporas (34) presentes en la zona de avance y la zona intermedia a partir de la tercera semana (fig. 29). Oidios observados en la zona de avance e intermedia a partir de la tercera semana (35).

Color de hifas y micelio.- Hifas hialinas y micelio blanco (36).

Cambios de color en el agar.- No produce cambios (38).

Grado de crecimiento.- El micelio cubre la superficie del medio en cinco semanas (45), crecimiento lento.

Fructificación en cultivo.- No ocurrió en seis semanas (s/n).

Olor del cultivo.- Olor dulce parecido a frutas (50).

Substrato.- Asociado a pudrición en madera de gimnospermas (55).

Características no codificadas.- Textura del micelio casi uniforme de algodonosa a algodonosa-plumosa (fig. 90). El pH fue de 2.5 a las tres semanas y a las seis semanas bajó a 2.0. Cristales rómbicos presentes en el segundo período de observación (fig. 30) y los exudados a la segunda y tercera semanas.

Heterobasidion annosum NT-5 (Nevado de Toluca, Méx.)

Figs. 31-36, 91-93.

Tipo de pudrición.- Pudrición blanca (2).

Septación de hifas.- Hifas angostas y de pared delgada (1.25-2.5 μm diám.) y anchas con pared gruesa (3.8-5.8 μm diám.), todas simple septadas (6) en la zona de avance (figs. 31-32, 91).

Estructuras especiales formadas por diferenciación de hifas.- Hifas con numerosas ramas cortas recurvadas e irregulares (11) en la zona madura (fig. 33). Hifas con paredes irregulares, pero simple septadas (s/n) en la zona de avance y en la zona madura (fig. 34).

Conidios, clamidosporas y oidios.- Presenta conidios (33), tipo botrioblastosporas, en conidióforos oedocéfaloideos en la zona intermedia (figs. 35, 92). Clamidosporas terminales (34) en la zona madura (fig. 36).

Color de hifas y micelio.- Hifas hialinas y micelio blanco (36).

Cambios de color en el agar.- No produce cambios (38).

Grado de crecimiento.- El micelio cubre la superficie del medio antes de la cuarta semana (44), crecimiento moderado.

Fructificación en cultivo.- No ocurrió en seis semanas (s/n).

Olor del cultivo.- Olor notable pero no definido (53).

Substrato.- Asociado a pudrición en madera de gimnospermas (55).

Características no codificadas.- Textura del micelio variable, de farinácea-subfieltrosa a farinácea a flocosa (fig. 93). El pH fue de 5.0 a la tercera semana y a la cuarta semana bajó a 4.0. Cristales y exudados ausentes en todas las observaciones.

Fomitopsis pinicola NT-6a (Nevado de Toluca, Méx.)

Figs. 37-45, 94-99.

Tipo de pudrición.- Pudrición morena (1).

Septación de hifas.- Hifas principalmente nodoso septadas (3), unas largas, angostas y de pared delgada (0.95-1.9 μm diám.) y otras cortas y anchas (2.5-2.85 μm diám.), las primeras en la zona de avance y madura y las últimas en la zona intermedia (figs. 37, 94). Hifas simple septadas de pared gruesa (2.3-3.45 μm diám.) en la zona madura (s/n, fig. 38).

Estructuras especiales formadas por diferenciación de hifas.- Hifas nodoso septadas de paredes irregularmente engrosadas (9) en la zona de avance e intermedia (fig. 39). Hifas con numerosas ramas cortas recurvadas e irregulares (11) en la zona de avance e intermedia (figs. 40, 95). Gleocistidios (15) presentes en la zona madura (figs. 41, 96). Hifas con masas resinosas adheridas a las paredes (21) observadas en la zona intermedia (fig. 97). Hifas en forma de nudo o bulbillo (22) presentes en la zona madura. Hifas onduladas con aspecto de tirabuzón (s/n) en la zona intermedia (figs. 42, 98).

Conidios, clamidosporas y oidios.- Conidios ocasionalmente presentes (33 $\pm$) en la zona madura. Clamidosporas intercalares (34) en la zona madura (fig. 43). Oidios presentes (35) también en la zona madura (fig. 44).

Color de hifas y micelio.- Hifas hialinas y micelio blanco (36).

Cambios de color en el agar.- No produce cambios (38).

Grado de crecimiento.- El micelio cubre la superficie del medio antes de la cuarta semana (44), crecimiento moderado.

Fructificación en cultivo.- No ocurrió en seis semanas (s/n).

Olor del cultivo.- Olor dulce parecido a frutas (50).

Substrato.- Asociado a pudrición en madera de gimnospermas (55).

Características no codificadas.- Textura del micelio principalmente flocosa (fig. 99). El pH fue de 2.0, tanto a las tres como a las seis semanas. Cristales rómbicos presentes a la cuarta semana (fig. 45). Exudados a la segunda y tercera semanas.

Fomitopsis pinicola NT-6b (Nevado de Toluca, Méx.)

Figs. 46-55, 100-105.

Tipo de pudrición.- Pudrición morena (1).

Septación de hifas.- Hifas principalmente nodoso septadas (3), angostas (0.95-2.6 μm diám.) de pared delgada (figs. 46, 100). Hifas de pared delgada con ocasionales fibulas múltiples, junto con hifas predominantemente simple septadas (5), abundantes en la zona de avance. Hifas de pared delgada, largas y angostas (0.65-1.9 μm diám.) simple septadas (6) en la zona madura (fig. 47).

Estructuras especiales formadas por diferenciación de hifas.- Fibrohifas (8) presentes en las tres zonas muestreadas (fig. 101). Hifas nodoso septadas de paredes irregularmente engrosadas (9) en la zona madura. Hifas diferenciadas en forma de células cuticulares (10) en la zona madura (fig. 48). Hifas con numerosas ramas cortas recurvadas e irregulares (11) en la zona intermedia (fig. 49). Gleocistidios (15) observados en la zona madura (fig. 50). Setas en el micelio aéreo (17) de la zona madura (fig. 51). Hifas con paredes aparentemente algo engrosadas y con lúmenes vacíos (24?) en la zona intermedia (figs. 52, 102). Hifas onduladas con aspecto de tirabuzón (s/n) en la zona intermedia (fig. 53).

Conidios, clamidosporas y oidios.- Clamidosporas presentes en abundancia (34) en la zona intermedia y madura (figs. 54, 103). Oidios (35) presentes en la zona madura (fig. 104).

Color de hifas y micelio.- Hifas hialinas y micelio blanco (36).

Cambios de color en el agar.- No produce cambios (38).

Grado de crecimiento.- El micelio cubre el medio en cuatro semanas (44), crecimiento moderado (fig. 105).

Fructificación en cultivo.- No ocurrió en seis semanas (s/n).

Olor del cultivo.- Olor dulce parecido a frutas (50).

Substrato.- Asociado a pudrición en madera de gimnospermas (55).

Características no codificadas.- Textura del micelio variable, de fieltrosa a flocosa a lanosa (fig. 105). El pH fue de 2.0 tanto a las tres como a las seis semanas. Cristales rómbicos presentes en la segunda semana de observación (fig. 55). Exudados observados a las dos y a las cinco semanas.

Fomitopsis pinicola NT-6c (Nevado de Toluca, Méx.)

Figs. 56-65, 106-108.

Tipo de pudrición.- Pudrición morena (1).

Septación de hifas.- Hifas angostas de pared delgada (0.95-1.9 μm diám.), nodoso septadas (3) en la zona de avance e intermedia (fig. 56). Hifas de pared delgada con ocasionales conexiones en grapa múltiples, entremezcladas con una mayoría de hifas simple septadas (5) en la zona intermedia (fig. 57).

Estructuras especiales formadas por diferenciación de hifas.- Fibrohifas (8) presentes en la zona intermedia (fig. 58). Hifas nodoso septadas de paredes irregularmente engrosadas (9) observadas en la zona de avance y madura (fig. 59). Hifas en forma de células cuticulares (10) en la zona intermedia (fig. 106). Hifas con numerosas ramas cortas recurvadas e irregulares (11) en la zona intermedia (fig. 60). Gleocistidios (15) en la zona intermedia y madura (fig. 61). Setas (17) en el micelio aéreo de la zona madura (fig. 62). Hifas en forma de nudo o bulbillo (22) en la zona

madura (fig. 107). Hifas onduladas con aspecto de tirabuzón (s/n) en la zona intermedia (fig. 63).

Conidios, clamidosporas y oidios.- Clamidosporas (34) en la zona intermedia (fig. 64). Oidios presentes (35).

Color de hifas y micelio.- Hifas hialinas y micelio blanco (36).

Cambios de color en el agar.- No produce cambios (38).

Grado de crecimiento.- El micelio cubre la superficie del medio antes de cuatro semanas (44), crecimiento moderado.

Fructificación en cultivo.- No ocurrió en seis semanas (s/n).

Olor del cultivo.- Olor dulce parecido a frutas (50).

Substrato.- Asociado a pudrición en madera de gimnospermas (55).

Características no codificadas.- Textura del micelio poco variable de afelpada-flocosa a subfieltrosa a afelpada (fig. 108). El pH fue de 2.0 a las tres semanas, aumentando a 2.5 a las seis semanas. Cristales observados a las cuatro semanas (fig. 65). Exudados a la segunda semana.

Fomitopsis pinicola NT-7 (Nevado de Toluca, Méx.)

Figs. 66-74, 109-111.

Tipo de pudrición.- Pudrición morena (1).

Septación de hifas.- Hifas largas y angostas de pared delgada y cortas y anchas de pared gruesa, ambas nodoso septadas (3) en la zona de avance (figs. 66-67, 109). Hifas de pared delgada ocasionalmente con fibulas múltiples, aunque más comúnmente simple septadas (5) en la zona de avance e intermedia (fig. 68).

Estructuras especiales formadas por diferenciación de hifas.- Fibrohifas (8) presentes en la zona madura. Hifas nodoso septadas de paredes irregularmente engrosadas (9) en la zona intermedia y madura (fig. 69). Hifas diferenciadas en forma de células cuticulares (10) en la zona intermedia (fig. 110). Hifas con numerosas ramas cortas recurvadas e irregulares (11) presentes en la zona de avance e intermedia (fig. 70). Gleocistidios (15) en la zona madura (fig. 71). Setas (17) en el micelio aéreo de la zona de avance (fig. 72). Hifas onduladas con aspecto de tirabuzón (s/n), en la zona madura (fig. 73).

Conidios, clamidosporas y oidios.- Clamidosporas presentes en las tres zonas muestreadas (34). Oidios en las zonas intermedia y madura (35).

Color de hifas y micelio.- Hifas hialinas y micelio blanco (36).

Cambios de color en el agar.- No produce cambios (38).

Grado de crecimiento.- El micelio cubre la superficie del medio antes de las cuatro semanas (44), crecimiento moderado.

Fructificación en cultivo.- No ocurrió en seis semanas (s/n).

Olor del cultivo.- Olor dulce parecido a frutas (50).

Substrato.- Asociado a pudrición en madera de gimnospermas (55).

Características no codificadas.- Textura del micelio poco variable, principalmente flocosa (fig. 111). El pH fue de 2.0 a la tercera y sexta semanas. Cristales rómbicos observados a las cuatro semanas (fig. 74). Exudados vistos a las dos y cinco semanas de incubación.

Fomitopsis pinicola **FPRL-98** (Procedencia: Francia)

Figs. 75-80, 112-114.

Tipo de pudrición.- Pudrición morena (1).

Septación de hifas.- Hifas de pared delgada, nodoso septadas (3) (figs. 75, 112).

Hifas simple septadas (6) (fig. 76). Ambos tipos observados en la zona de avance.

Estructuras especiales formadas por diferenciación de hifas.- Hifas nodoso septadas con paredes gruesas e irregulares (9) observadas en la zona intermedia. Hifas diferenciadas en forma de células cuticulares (10), presentes en la zona intermedia. Hifas con numerosas ramas cortas recurvadas e irregulares (11), observadas en la zona intermedia. Gleocistidios (15) en la zona madura (fig. 77). Hifas con masas resinosas adheridas a las paredes (21) en la zona madura. Hifas en forma de nudo o bulbillo (22), observadas en la zona madura (figs. 78, 113).

Conidios, clamidosporas y oidios.- Clamidosporas presentes (34) en la zona intermedia (fig. 79).

Color de hifas y micelio.- Hifas hialinas y micelio blanco (36).

Cambios de color en el agar.- No produce cambios (38).

Grado de crecimiento.- El micelio cubre la superficie del medio antes de las cuatro semanas (44), crecimiento moderado.

Fructificación en cultivo.- No ocurrió en seis semanas (s/n).

Olor del cultivo.- Olor dulce parecido a frutas (50).

Substrato.- Sin datos.

Características no codificadas.- La textura del micelio fue en todas las observaciones algodonosa (fig. 114). El pH no fue registrado para esta cepa. Cristales rómbicos detectados a las cinco semanas de incubación (fig. 80). Exudados observados a las seis semanas.

Figs. 2-24: *Fomitopsis pinicola* (NT-1). Fig. 2. Hifas nodoso septadas. Fig. 3. Hifas simple septadas. Fig. 4. Hifas nodoso septadas de paredes irregularmente engrosadas. Fig. 5. Hifas con numerosas ramas cortas recurvadas e irregulares. Fig. 6. Gleocistidios. Fig. 7. Setas. Fig. 8. Hifas en forma de nudo o bulbillo. Fig. 9. Hifas onduladas. Fig. 10. Clamidosporas. Fig. 11. Oidios. Fig. 12. Cristales rómbicos. Figs. 13-21: *F. pinicola* (NT-2). Fig. 13. Hifas nodoso septadas. Fig. 14. Hifas nodoso septadas con fibulas múltiples. Fig. 15. Hifas simple septadas. Fig. 16. Hifas nodoso septadas de paredes irregularmente engrosadas. Fig. 17. Hifas con ramas cortas recurvadas e irregulares. Fig. 18. Ápices de hifas con numerosas ramas cortas retorcidas e incrustadas. Fig. 19. Gleocistidios. Fig. 20. Clamidosporas. Fig. 21. Cristales rómbicos. Figs. 22-24: *F. pinicola* (NT-3). Fig. 22. Hifas nodoso septadas. Fig. 23. Hifas simple septadas. Fig. 24. Fibrohifas.

Figs. 25-45: *Fomitopsis pinicola* (NT-3). Fig. 25. Hifas con ramas cortas recurvadas e irregulares. Fig. 26. Setas. Fig. 27. Hifas con masas resinosas adheridas a la pared. Fig. 28. Hifas onduladas. Fig. 29. Clamidosporas. Fig. 30. Cristales rómbicos. Figs. 31-36: *Heterobasidion annosum* (NT-5). Fig. 31. Hifas angostas simple septadas. Fig. 32. Hifas anchas simple septadas. Fig. 33. Hifas con numerosas ramas cortas recurvadas e irregulares. Fig. 34. Hifas simple septadas con paredes irregulares. Fig. 35. Conidióforo y conidios. Fig. 36. Clamidosporas. Figs. 37-45: *F. pinicola* (NT-6A). Fig. 37. Hifas nodoso septadas. Fig. 38. Hifas simple septadas. Fig. 39. Hifas nodoso septadas de pared irregularmente engrosada. Fig. 40. Hifas de ramas cortas y recurvadas e irregulares. Fig. 41. Gleocistidios. Fig. 42. Hifas onduladas. Fig. 43. Clamidosporas. Fig. 44. Oidios. Fig. 45. Cristales rómbicos.

Figs. 46-68: *Fomitopsis pinicola* (NT-6B). Fig. 46. Hifas nodoso septadas. Fig. 47. Hifas simple septadas. Fig. 48. Hifas en forma de células cuticulares. Fig. 49. Hifas con numerosas ramas cortas recurvadas e irregulares. Fig. 50. Gleocistidios. Fig. 51. Setas. Fig. 52. Hifas con paredes engrosadas y lúmenes vacíos. Fig. 53. Hifas onduladas. Fig. 54. Clamidosporas. Fig. 55. Cristales rómbicos. Figs. 56-65: *F. pinicola* (NT-6C). Fig. 56. Hifas de pared delgada nodoso septadas. Fig. 57. Hifas simple septadas. Fig. 58. Fibrohifas. Fig. 59. Hifas nodoso septadas de paredes irregularmente engrosadas. Fig. 60. Hifas con numerosas ramas cortas, recurvadas e irregulares. Fig. 61. Gleocistidios. Fig. 62. Setas. Fig. 63. Hifas onduladas. Fig. 64. Clamidosporas. Fig. 65. Cristales rómbicos. Figs. 66-68: *F. pinicola* (NT-7). Fig. 66. Hifas de pared delgada, nodoso septadas. Fig. 67. Hifas de pared gruesa nodosas, septadas. Fig. 68. Hifas simple septadas.

Figs. 69-80: *Fomitopsis pinicola* (NT-7). Fig. 69. Hifas nodoso septadas de pared irregularmente engrosada. Fig. 70. Hifas con numerosas ramas cortas recurvadas e irregulares. Fig. 71. Gleocistidios. Fig. 72. Setas. Fig. 73. Hifas onduladas. Fig. 74. Cristales rómbicos. Figs. 75-80: *F. pinicola* (FPRL-98). Fig. 75. Hifas de pared delgada nodoso septadas. Fig. 76. Hifas simple septadas. Fig. 77. Gleocistidios. Fig. 78. Hifas en forma de nudo o bulbillo. Fig. 79. Clamidosporas. Fig. 80. Cristales rómbicos.

Figs. 81-88: *Fomitopsis pinicola* (NT-1). Fig. 81. Hifas con numerosas ramas cortas e irregulares en la zona de avance, observadas a 500X. Fig. 82. Clamidosporas de la zona madura, observadas a 500X. Fig. 83. Crecimiento del micelio a las cuatro semanas de incubación. Figs. 84-88: *F. pinicola* (NT-2). Fig. 84. Hifas nodoso septadas de la zona de avance, observadas a 500X. Fig. 85. Gleocistidios de la zona madura, observados a 500X. Fig. 86. Estado inmaduro de clamidosporas de la zona intermedia, observadas a 500X. Fig. 87. Crecimiento del micelio a las cuatro semanas de incubación. Fig. 88. Hifas nodoso septadas en la zona intermedia, observadas a 500X.

Figs. 89-96: *Fomitopsis pinicola* (NT-3). Fig. 89. Hifas con masas resinosas adheridas a la pared en la zona madura, observadas a 500X. Fig. 90. Crecimiento del micelio a las dos semanas de incubación. Figs. 91-93: *Heterobasidion annosum* (NT-5), Fig. 91. Hifas simple septadas de pared delgada y gruesa en la zona de avance, observadas a 500X. Fig. 92. Conidios de forma oedocefaloide en la zona madura, observados a 500X. Fig. 93. Crecimiento del micelio a las tres semanas de incubación. Figs. 94-96: *F. pinicola* (NT-6A). Fig. 94. Hifas nodoso septadas de pared delgada, observadas a 500X. Fig. 95. Hifas con numerosas ramas cortas recurvadas e irregulares en la zona de avance, observadas a 500X. Fig. 96. Gleocistidios de la zona intermedia, observados a 500X.

Figs. 97-105: *Fomitopsis pinicola* (NT-6A). Fig. 97. Hifas con masas resinosas adheridas a la pared, en la zona madura, observadas a 500X. Fig. 98. Hifas ondulantes con aspecto de tirabuzón en la zona madura, observadas a 500X. Fig. 99. Crecimiento del micelio a las cinco semanas de incubación. Figs. 100-105: *F. pinicola* (NT-6B). Fig. 100. Hifas nodoso septadas de pared irregularmente engrosada en la zona madura, observadas a 500X. Fig. 101. Fibrohifas presentes en la zona intermedia, observadas a 500X. Fig. 102. Hifas nodoso septadas de pared irregularmente engrosada y refractaria, observadas a 500X. Fig. 103. Clamidosporas presentes en la zona madura, observadas a 500X. Fig. 104. Oidios presentes en la zona madura, observados a 500X. Fig. 105. Crecimiento del micelio a las cuatro semanas de incubación.

Figs. 106-114: *Fomitopsis pinicola* (NT-6C) Fig. 106. Hifas en forma de células cuticulares en la zona intermedia, observadas a 500X. Fig. 107. Hifas en forma de nudo o bulbillo en la zona madura, observadas a 500X. Fig. 108. Crecimiento del micelio a las tres semanas de incubación. Figs. 109-111: *F. pinicola* (NT-7). Fig. 109. Hifas nodoso y simple septadas en la zona de avance, observadas a 500X. Fig. 110. Hifas diferenciadas en forma de células cuticulares, observadas a 500X. Fig. 111. Crecimiento del micelio a las cinco semanas de incubación. Figs. 112-114: *F. pinicola* (FPRL-98). Fig. 112. Hifas nodoso septadas en la zona intermedia, observadas a 500X. Fig. 113. Hifas en forma de nudo o bulbillo, observadas a 500X. Fig. 114. Crecimiento del micelio a las cinco semanas de incubación.

DISCUSIÓN

Analizando las diferencias observadas entre los aislamientos de las dos especies de hongos, destaca el tipo de pudrición. Todas las cepas de *Fomitopsis pinicola*, incluyendo la cepa extranjera, son de pudrición morena, mientras que el aislamiento de *Heterobasidion annosum* causa pudrición blanca.

Con respecto a las características microscópicas del micelio de ambos hongos, hubo diferencias notables en la forma y el tipo de hifas, como puede compararse en el cuadro 2. Todos los aislamientos de *Fomitopsis pinicola*, presentaron tanto hifas nodoso septadas como hifas simple septadas, mientras que el aislamiento de *Heterobasidion annosum* sólo tuvo hifas simple septadas. Cinco de los aislamientos de *F. pinicola* presentaron fibrohifas, característica ausente en la cepa extranjera de esta especie y en el aislamiento de *H. annosum*. En todas las cepas de *F. pinicola* hubo hifas nodoso septadas de paredes irregularmente engrosadas, carácter que no se presentó en *H. annosum*. Hifas diferenciadas en células cuticulares fueron detectadas en cuatro cepas de *F. pinicola*, incluida la cepa francesa. En cambio, ambas especies coincidieron en presentar hifas con numerosas ramas cortas y recurvadas. Hubo gleocistidios en siete aislamientos de *F. pinicola*, incluyendo la cepa de Francia, pero no en *H. annosum*. Seis de los aislamientos locales de *F. pinicola* presentaron setas en el micelio aéreo, no así *H. annosum*. En tres micelios de *F. pinicola*, dos locales y el extranjero, fueron observadas hifas con masas resinosas adheridas a su pared, rasgo no observado en *H. annosum*. Similarmente, en cuatro casos de *F. pinicola*, tres nacionales y la cepa extranjera, fueron reconocidas hifas en forma de nudo o bulbillo, pero no en la otra especie. Una característica importante y que completó muy confiablemente la identificación de *H. annosum*, fue la presencia de conidióforos oedocefaloides produciendo conidios tipo botrioblastosporas; mientras que en los casos en que se observaron conidios en *F. pinicola*, éstos fueron simples. Aunque ambas especies produjeron clamidosporas en cultivo, se distinguieron entre sí por su posición y su forma, ya que en *F. pinicola* fueron intercalares y subglobosas o elipsoidales, mientras que en *H. annosum* fueron terminales y siempre subglobosas.

Una característica microscópica no usada por Nobles (1965), y por lo tanto no codificada, se presentó en seis de los aislamientos locales de *F. pinicola*, hifas ondulantes con aspecto de tirabuzón. Éstas pueden ser de valor diagnóstico.

Por otro lado, en el cuadro 4 están las observaciones realizadas con respecto a caracteres culturales no codificados. La textura del micelio fue considerada por Nobles (1965), pero no la medición del pH, ni la observación de cristales y exudados. En este cuadro puede apreciarse que la textura del micelio en los aislamientos de *Fomitopsis pinicola*, fue variable: fieltrosa, algodonosa, flocosa y farinácea, principalmente. La textura del micelio de *Heterobasidion annosum* fue menos variable, pues en las

primeras semanas se observó farinácea y durante la última semana flocosa. En los aislamientos de *F. pinicola*, a la tercera semana el pH fue de 2.5 y 2; a la sexta semana, fue de 2, 2.5 y 3. Para la cepa extranjera no fue registrado el pH por considerarlo irrelevante. En el aislamiento de *H. annosum*, a la tercera semana el pH fue de 5 y a la quinta semana de 4. Así, el pH del medio fue menos ácido en el hongo causante de pudrición blanca. Cristales de forma rómbica fueron observados en todos los aislamientos de *F. pinicola*, algunas veces a la segunda y otras a la cuarta semana; en la cepa extranjera se encontraron a la quinta semana. Esta característica nunca se presentó en *H. annosum*. Gotitas de exudados, relativamente abundantes, fueron detectadas por lo menos en una ocasión sobre el micelio de los aislamientos de *F. pinicola*, exceptuando la cepa NT-2. En la cepa única de *H. annosum*, no fueron observados exudados. Encontrar estas diferencias entre las dos especies de hongos, significa que tales características podrían ser útiles para trabajos similares.

Los resultados obtenidos revelan cierta variabilidad entre las características culturales de los diferentes aislamientos de *Fomitopsis pinicola*, la que no puede apreciarse con un solo aislamiento de *Heterobasidion annosum*. Siendo los hongos organismos típicamente polimorfos, esta variabilidad es normal. En este punto, es conveniente aclarar que, aunque el método seguido parece ser muy diferente, en realidad es similar en sus fundamentos a las claves taxonómicas tradicionales. La mayoría de las claves de identificación son regionales, la de Nobles (1965) fue preparada principalmente para Canadá, con adición de algunas cepas de EUA, Europa y Asia, pero no de Latinoamérica. Tomando en cuenta las dificultades y experiencia obtenidas con este trabajo, así como los comentarios anteriores, se recomienda que, para México, el empleo del método-clave de Nobles (1965), debe ser entendido como un proceso que se inicia con la recolección de fructificaciones de hongos xilófagos identificándolas de la manera usual, y que de éstas, sean obtenidos aislamientos para ser descritos por sus características culturales. Esta labor deberá incluir el mayor número posible de cepas, para obtener mejor representatividad y conocer los límites de variabilidad de cada especie. Bajo estas condiciones, ya descritas un buen número de especies de la región de interés, se estará en posibilidad de identificar fácil y confiablemente micelios aislados directamente de la madera.

Lograr esta meta es particularmente importante para el diagnóstico de los problemas de pudriciones en árboles en pie o también de estructuras y construcciones de madera, situaciones en las que no es común disponer de fructificaciones de los hongos, sino hasta fases muy avanzadas de la pudrición, cuando ya es demasiado tarde para evitar pérdidas graves.

AGRADECIMIENTOS. Este trabajo está dedicado a la memoria de dos personas que, a su manera cada quien, contribuyeron muy significativamente para que se realizara: el Sr. Rafael Ruiz Ortiz, padre de la primera autora y el Dr. Brian T. Styles (Commonwealth Forestry Institute, Oxford University), por apoyo bibliográfico, estímulo y crítica al proyecto.

LITERATURA CITADA

- CAMPBELL, W. A. 1938. The cultural characteristics of the species of *Fomes*. Bull. Torrey Bot. Club 65:31-69.
- CARTWRIGHT, K. ST. G. y W. P. K. FINDLAY, 1954. Use of perforated cards for description of culture of wood-rotting fungus. 1954 Ann. Rep. For. Prod. Res. HMSO. Londres, s/p.
- COMISIÓN DEL TERRITORIO NACIONAL Y PLANEACIÓN. 1970. Cartas de climas 14 Q-V Escala 1:500,000. Secretaría de la Presidencia, Dirección de Planeación. México, D. F.
- DAVIDSON, R. W. W. A. CAMPBELL y D. B. VAUGHN. 1942. Fungi causing decay of living oaks in the eastern United States and their cultural identification. USDA, Tech. Bull. 785. 65p.
- FOREST PRODUCTS RESEARCH LABORATORY. 1969. List of cultures of wood-rotting macrofungi. Ministry of Technology. Forest Products Research Laboratory. Princes Risborough, 17 p.
- FRITZ, C. W. 1923. Cultural criteria for distinction of wood-destroying fungi. Trans. Roy. Soc. Canada, Sect. V. 17(3):191-288.
- GÁNDARA, G. 1930. Consideraciones generales acerca del estado que guardan nuestros bosques con relación a sus plagas debidas a parásitos vegetales. Rev. Méx. For. 8:192-195.
- GUZMÁN, G. 1963. Frecuencia y distribución de algunos basidiomicetos lignícolas importantes en México. An. Esc. Nal. Cien. Biol. 12:23-41.
- GUZMÁN-HUERTA, G. 1958. El hábitat de *Psilocybe muliercula* Singer & Smith (= *Ps. wassonni* Heim.), agaricáceo alucinógeno mexicano. Rev. Soc. Mex. Hist. Nat. 19:215-219.
- HOLROYD, J. D. S. y D. K. BARRETT. 1966. The Oxford University expedition to México 1965. Oxford Exp. Club Bull. 14(3):1-12.
- LEVY, J. F. 1976. Isolation and identification of the fungal flora in treated wood. Internat. Res. Group on Wood Pres. Doc. IRG/WP/144. 5 p.
- LONG, W. H. y R. M. HARSCH. 1918. Pure cultures of wood-rotting fungi on artificial media. J. Agric. Res. 12:33-82.
- LÓPEZ-BARAJAS, R. 1987. Evaluación de los daños causados por pudriciones del duramen en oyamel (*Abies religiosa* H. B. K.) Schlecht et Cham. en el Ejido Loma Alta, Nevado de Toluca, Zinacantepec, Estado de México. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias. UNAM. México, D. F. 35 p.
- MARTÍNEZ, M. 1953. Las pináceas del Estado de México. Dirección de Agricultura y Ganadería. Gobierno del Estado de México, Toluca. 63 p.

- MARTÍNEZ-BARRERA R. y R. SÁNCHEZ-RAMÍREZ. 1980. Estudios etiológicos de *Fomes annosus* (Fr.) Cke. causante de la pudrición de raíz en pinos. *Ciencia Forestal* 5(26):3-14.
- NOBLES, M. K. 1948. Studies in forest pathology VI. Identification of cultures of wood-rotting fungi. *Canad. J. Res. Sect. C. Bot. Sci.* 26:281-431.
- NOBLES, M. K. 1965. Identification of cultures of wood-inhabiting Hymenomycetes. *Can. J. Bot.* 43:1097-1139.
- OBREGÓN-ARCEO, M. C. y R. ECHENIQUE-MANRIQUE. 1974. Identificación de hongos habitantes en postes de madera. *An. Inst. Biol. UNAM Ser. Botánica* 45 (1):11-20.
- PINZÓN-PICASEÑO, L. M. M. T. LÓPEZ-GUERRERO, F. A. VÉLIZ-AVILA y J. D. MARTÍNEZ-MARCIAL. 1982. Métodos para el estudio de algunas características de los hongos xilófagos como organismos degradadores de la madera. *Bol. Soc. Mex. Mic.* 17:147-157.
- RUIZ-RODRÍGUEZ, M. E. 1991. Estudios fisiológicos integrales con hongos de importancia forestal: acción xilofágica y comportamiento en cultivo. Tesis Profesional. ENEP-Iztacala, UNAM. Los Reyes, Iztacala. 152 p.
- SÁNCHEZ-RAMÍREZ, R. 1980. Macromicetos patógenos y destructores de la madera en los bosques de la meseta tarasca, Mich. *Ciencia Forestal* 5(23):3-19.
- STALPERS, J. A. 1978. Identification of wood-inhabiting fungi in pure culture. *Studies in Mycology* 16. Centraalbureau voor Schimmelcultures. Berna. 248 p.
- VELA-GÁLVEZ, L. J. C. BOYAS-DELGADO, A. HERNÁNDEZ-REYNA, A. MANCERA-OROZCO y A. RODRÍGUEZ-ANGELES. 1976. El Nevado de Toluca. *Ciencia Forestal* 1(4):53-61.