



Revista Mexicana de Biodiversidad

ISSN: 1870-3453

falvarez@ib.unam.mx

Universidad Nacional Autónoma de México
México

Sánchez-García, Marisol; Cifuentes-Blanco, Joaquín; Brandon Matheny, P.
Revisión taxonómica del género *Melanoleuca* en México y descripción de especies nuevas
Revista Mexicana de Biodiversidad, vol. 84, 2013, pp. s111-s127
Universidad Nacional Autónoma de México
Distrito Federal, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=42528281008>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto



Revisión taxonómica del género *Melanoleuca* en México y descripción de especies nuevas

Taxonomic revision of the genus *Melanoleuca* in Mexico and description of new species

Marisol Sánchez-García^{1,2✉}, Joaquín Cifuentes-Blanco¹ y P. Brandon Matheny²

¹Herbario (Hongos) FCME, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Apartado postal 70-181, 04510 México D. F., México.

²Department of Ecology and Evolutionary Biology, University of Tennessee, Knoxville, 332 Hesler Biology Building, Knoxville, TN, 37996-1610, USA.

✉ msanche8@utk.edu

Resumen. El objetivo de este trabajo es contribuir al conocimiento del género *Melanoleuca* en México. Se aportan nuevos datos sobre su distribución geográfica y se proporciona una descripción detallada de cada una de las especies estudiadas. Se consultaron herbarios de México y el extranjero, los cuales fueron estudiados morfológica y filogenéticamente mediante un análisis multigénico. Como resultado se describen 4 especies nuevas (*M. communis*, *M. herrerae*, *M. jaliscoensis* y *M. longisterigma*), se incluyen dibujos de las estructuras microscópicas y se presenta una clave taxonómica para la identificación de 9 taxa mexicanos. La información que se tiene acerca de este grupo se basa sólo en listados taxonómicos y no ha habido ningún intento previo por estudiar este género detalladamente, por lo que este estudio representa una gran contribución para el conocimiento sistemático de *Melanoleuca* en Norteamérica y para el conocimiento taxonómico de los macromicetos en México.

Palabras clave: Agaricales, distribución geográfica, taxonomía, cistidios, *rpb1*.

Abstract. The goal of this work is to contribute to the knowledge of the genus *Melanoleuca* in Mexico providing new data about its geographic distribution and a detailed description of species. Specimens from Mexican and foreign herbaria were studied morphologically and phylogenetically performing a multi-gene sequence analysis. As a result, we describe 4 new species (*M. communis*, *M. herrerae*, *M. jaliscoensis*, and *M. longisterigma*), including line drawings, and provide a taxonomic key to 9 taxa of *Melanoleuca* that occur in Mexico. Considering the lack of information on this genus in Mexico and the fact that no detailed study had been previously developed, this work presents contributions to the systematics of *Melanoleuca* in North America and to the taxonomic knowledge of macromycetes in Mexico.

Key words: Agaricales, geographic distribution, taxonomy, cystidia, *rpb1*.

Introducción

El género *Melanoleuca* Pat. pertenece al grupo de los Agaricales; es reconocido por poseer un basidioma tricolomatoide, píleo de convexo a deprimido, estípites central, generalmente fibriloso, sólido y carente de velo, láminas adnadas-emarginadas, delgadas, blancas a amarillentas, en ocasiones con tonos rosáceos y esporada blanca. Sus esporas son subglobosas a elipsoides con pared delgada, hialinas a amarillentas, cubiertas con verrugas amiloides y generalmente presentan cistidios, que pueden ser de 2 tipos: urticoides o lageniformes, aunque algunas especies no presentan cistidios. Son saprótrofos y de hábito solitario o gregario. La mayoría de las especies crecen en

bosques templados y dunas de arena, pero también se pueden encontrar algunas en bosques tropicales (Singer, 1986; Boekhout, 1999).

Murrill (1914) publicó la descripción de 119 especies en Norteamérica, las cuales fueron revisadas por Pfister (1984), quien concluyó que solo 6 pertenecen realmente al género *Melanoleuca*. Singer (1986) consideró 48 especies a nivel mundial, mientras que Bon (1978) reconoció 65 solo en Europa. Boekhout (1999) publicó una revisión de Holanda utilizando un concepto de especie más flexible, lo que le llevó a agrupar especies que Bon había separado y considerarlas como variaciones de una misma especie. En Norteamérica se reconocen 19 especies (Smith, 1944; Smith y Rea, 1944; Thiers, 1958; Gillman y Miller, 1977; Singer, 1989; Matheny y Vellinga, 2009), y en el mundo se considera que existen alrededor de 50 especies (Kirk et al., 2008). En México hasta ahora se conocen 7 especies:

M. brevipes, *M. cognata*, *M. excissa*, *M. grammopodia*, *M. melaleuca*, *M. strictipes*, y *M. yucatanensis* (Herrera y Guzmán, 1961; Sánchez-León, 1961; Martín del Campo, 1968; Guzmán, 1972; 1982; 1983; 1986; Valdés-Ramírez, 1972; Mendiola, 1974; Frutis y Guzmán, 1983; Martínez Alfaro et al., 1983; Bon, 1984; Courtecuisse y Pfister, 1984; Pérez-Silva y Aguirre-Acosta, 1985; 1986; Zarco, 1986; Pérez-Silva et al., 2006; Sánchez-Jácome y Guzmán-Dávalos, 2011).

Debido a los escasos estudios taxonómicos enfocados a este grupo y a las múltiples interpretaciones de las especies, es difícil establecer una cifra precisa del número de especies. Cabe recalcar que solo en Europa se han publicado monografías que incluyen descripciones detalladas e ilustradas de las especies; mientras en México y el resto de América la información que se tiene acerca de este grupo se basa solo en listados taxonómicos y no ha habido ningún intento previo de estudiar éste género detalladamente.

El objetivo de este trabajo fue contribuir al conocimiento taxonómico del género *Melanoleuca* en México, aportando nuevos datos sobre su distribución geográfica y proporcionando una descripción detallada de cada una de las especies estudiadas. Adicionalmente se describen 4 especies nuevas y se presenta una clave taxonómica para los taxa mexicanos conocidos.

Materiales y métodos

Muestreo taxonómico: se revisaron ejemplares de *Melanoleuca* depositados en las siguientes colecciones mexicanas de hongos: Herbario de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional (ENCB), Herbario de la Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México (FCME), Herbario del Instituto de Botánica de la Universidad de Guadalajara (IBUG), Herbario del Instituto de Biología, UNAM (MEXU), Herbario del Centro de Investigaciones en Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Tlaxcala (TLXM), Herbario del Instituto de Ecología, A. C. en Xalapa, Ver. (XAL), así como de las siguientes colecciones extranjeras: Herbario de la Universidad de Tennessee, USA (TENN) y Herbario de la Universidad de Gotemburgo, Suecia (GB). Para los ejemplares del Herbario FCME, se consultó el catálogo fotográfico de Cifuentes. A pesar de que el enfoque de este trabajo fue en los taxa mexicanos, se revisaron ejemplares extranjeros para comparar las especies europeas con las mexicanas y de esta forma estar seguros de si se trataba o no de las mismas especies.

Los ejemplares se estudiaron por medio de las técnicas utilizadas en micología para observar y medir estructuras

como: esporas, basidios y cistidios (Largent et al., 1977). Posteriormente se determinaron morfoespecies utilizando claves taxonómicas (Gillman y Miller, 1977; Bon, 1991; Watling y Turnbull, 1998; Boekhout, 1999; Horak, 2005; Vesterholt, 2008). Del total de los materiales revisados se seleccionaron algunos ejemplares para llevar a cabo la extracción del DNA, excluyendo aquellos con datos de colecta insuficientes y/o en malas condiciones para la extracción. En algunos casos se contó con varios especímenes recolectados en el mismo sitio y cuyas características morfológicas eran similares, por lo que se seleccionó solo un ejemplar para los análisis filogenéticos. Por último se elaboró una clave taxonómica de los ejemplares mexicanos. Las referencias de los colores se basaron en la guía de color Methuen (Kornerup y Wanscher, 1978).

Técnicas moleculares: para la extracción de DNA genómico se usaron entre 10 y 50 mg de basidioma deshidratado, con 4 protocolos distintos: método de CTAB (bromuro de cetiltrimetilamonio; Gardes y Bruns, 1993) y los kits de extracción E.Z.N.A.® Fungal DNA (Omega Bio-tek, Doraville, Georgia), E.Z.N.A.® High Performance Fungal DNA (Omega Bio-tek) y DNeasy® Plant Mini kit (QIAGEN, Valencia, California). Se amplificaron las regiones ITS (espaciador interno transcrito), nLSU (subunidad grande del ribosoma) y *rpb1* (subunidad mas grande de la RNA polimerasa II) en volúmenes de 25 o 50 µl, usando los siguientes cebadores: ITS1F, ITS2, ITS3, 5,8SR, ITS4, ITS4B, LR0R, LR5, LR16, LR7 (Gardes y Bruns, 1993; White et al., 1990; Vilgalys y Hester, 1990; <http://www.biology.duke.edu/fungi/mycolab/primers.htm>). Para amplificar la región *rpb1* se diseñaron cebadores específicos para *Melanoleuca*: Mint2F (5'-GGTTGCGTGGTGAAATGG-3') y Mex2R (5'-GGCATCACSGTCAGAATCATCC-3'). Los productos de PCR fueron purificados con el kit QIAquick (QIAGEN) siguiendo las instrucciones del fabricante. Las reacciones de secuenciación se prepararon en volúmenes de 10 µl usando BigDye® Terminator v3.1 (Applied Biosystems, Foster City, California). Los mismo cebadores utilizados para la amplificación fueron empleados para llevar a cabo las reacciones. La secuenciación se llevó a cabo en secuenciadores automáticos de capilar modelos ABI 3100 y ABI 3730.

Análisis filogenéticos: las secuencias obtenidas se editaron y ensamblaron con Sequencher 4.9 (Gene Codes, Ann Arbor); éstas fueron depositadas en la base de datos de GenBank (Cuadro 1). Como grupo externo se utilizaron secuencias de *Pluteus* Fr. y *Volvopluteus* Vizzini, Contu y Justo, disponibles en GenBank (Cuadro 1). La elección del grupo externo se basó en análisis filogenéticos previos que proponen que *Melanoleuca* forma parte de un clado

Cuadro 1. Números de GenBank de las secuencias incluidas en el análisis filogenético

Taxón	Núm. de recolecta/Herbario/Lugar de recolecta	Números de acceso de GenBank		
		ITS	nLSU	RPB1
<i>M. arcuata</i> 1	RHP29112/TENN/Austria	JX429186		JX429082
<i>M. arcuata</i> 2	TFB4307/TENN/Suiza	JX429187	JX429177	
<i>M. brevipes</i>	LAS84-141B/GB/Suecia	JX429188	JX429183	JX429083
<i>M. cinereifolia</i>	LAS 92-065/GB/Suecia	JX429197		
<i>M. cf. cinereifolia</i> 1	Rodríguez García/FCME/Gro, México	JX429108	JX429169	JX429080
<i>M. cf. cinereifolia</i> 2	Schöndube 89/IBUG/Jal, México	JX429210		JX429081
<i>M. cognata</i> 1	TFB4170/TENN/Escocia	JX429225		JX429084
<i>M. cognata</i> 2	Montoya-Esquivel 1825/TLXM/Tlax, México	JX429189		
<i>M. cognata</i> 3	LAS 84-146/GB/Suecia	JX429190	JX429180	
<i>M. communis</i> 1	Guzmán-Dávalos 269/ENCB/Méx, México	JX429227		
<i>M. communis</i> 2	Cifuentes 577/FCME/Mich, México	JX429206		
<i>M. communis</i> 3	Sánchez-Espinosa y Villarruel-Ordaz 698/FCME/ Mich, México	JX429207		JX429078
<i>M. communis</i> 4	Juárez, Martínez y Montañez 331/FCME/Mich, México	JX429208	JX429174	JX429079
<i>M. communis</i> 5	Hernández-Muñoz 350/FCME/Tlax, México	JX429209		
<i>M. communis</i> 6	Sánchez-García 32/FCME/Hgo, México	JX429201	JX429166	JX429076
<i>M. communis</i> 7	Álvarez, Busto yMontañez 369/FCME/Mich, México	JX429202	JX429167	
<i>M. communis</i> 8	Bulnes y Cifuentes 2695/FCME/Mich, México	JX429228		
<i>M. communis</i> 9	Ramírez-Guillén 392/XAL/Pue, México	JX429202		
<i>M. communis</i> 10	Murrieta 1025/XAL/Ver, México	JX429204	JX429168	JX429077
<i>M. communis</i> 11	Medina y García 1182/ENCB/Hgo, México	JX429205		
<i>M. communis</i> 12	Guzmán 6326/ENCB/Hgo, México	JX429226		
<i>M. excissa</i> 1	Krüger 10190/TENN/Alemania	JX429191	JX429184	
<i>M. excissa</i> 2	LAS 00-221/GB/Suecia	JX429192	JX429178	JX429085
<i>M. grammopodia</i> 1	LAS 00-130/GB/Suecia	JX429193		JX429086
<i>M. grammopodia</i> 2	Moser 67/287/TENN/Polonia	JX429194	JX429179	
<i>M. herrerae</i> 1	Cifuentes 4157/FCME/Mich, México	JX429198		
<i>M. herrerae</i> 2	Guzmán-Dávalos 152/ENCB/Méx, México	JX429223		
<i>M. herrerae</i> 3	Cifuentes 3445/FCME/Tlax, México	JX429224	JX429164	JX429074
<i>M. herrerae</i> 4	Montoya-Esquivel 1282/TLXM/Tlax, México	JX429199	JX429165	JX429075
<i>M. herrerae</i> 5	Hernández-Cuevas 2188/TLXM/Tlax, México	JX429200		
<i>M. jaliscoensis</i> 1	Sánchez-Jácome 966/IBUG/Jal, México	JX429218	JX429173	JX429091
<i>M. jaliscoensis</i> 2	Vargas 265/IBUG/Jal, México	JX429221		
<i>M. jaliscoensis</i> 3	Buenrostro 36/IBUG/Jal, México	JX429219		JX429092
<i>M. jaliscoensis</i> 4	López Damián 50/IBUG/Jal, México	JX429222	JX429176	JX429093
<i>M. longisterigma</i> 1	Guzmán 19274/ENCB/Ver, México	JX429211	JX429170	
<i>M. longisterigma</i> 2	Guzmán 11494/ENCB/Qro, México	JX429212	JX429171	
<i>M. polioleuca</i> 1	LAS 85-292/GB/Suecia	JX429195		
<i>M. polioleuca</i> 2	LAS 01-183/GB/Suecia	JX429196	JX429181	JX429093
<i>Melanoleucas</i> p1	Guzmán 7540/ENCB/Méx, México	JX429217		
<i>Melanoleucas</i> p2	Luna/FCME/Gro, México	JX429220	JX429175	
<i>M. grupo acystis</i> 4	TFB8206/TENN/EUA	JX429215	JX429152	
<i>M. grupo acystis</i> 1	Montoya-Esquivel 1404/TLXM/Tlax, México	JX429213	JX429172	
<i>M. grupo acystis</i> 3	Ruan, González y Montañez 320/FCME/Mich, México	JX429214		JX429088
<i>M. grupo acystis</i> 2	Cifuentes 2005-292/FCME/Méx, México			JX429089
<i>M. grupo acystis</i> 5	LAS 00-194/GB/Suecia	JX429216	JX429182	JX429090
<i>M. verrucipes</i>		DQ490642	DQ447924	DQ457687
<i>P. atromarginatus</i>			DQ094788	
<i>P. cervinus</i>			DQ071729	DQ067955
<i>P. petasatus</i>			AF042611	

denominado Pluteoide, dentro del cual se encuentran *Pluteus* y *Volvopluteus* (Moncalvo et al., 2002; Matheny et al., 2006; Garnica et al., 2007; Justo et al., 2011).

Los alineamientos se llevaron a cabo con el programa MAFFT 6.717 (Katoh y Toh, 2008); posteriormente se ajustaron manualmente en MacClade 4.08 (Maddison y Maddison, 2005). Para concatenar las secuencias de distintos genes en una sola matriz se utilizó el programa SeaView 4.2.3 (Gouy et al., 2010).

La matriz se dividió en varias particiones para poder asignar diferentes parámetros de sustitución nucleotídica a cada región génica analizada. Las particiones fueron las siguientes: ITS, nLSU, *rpb1*-intrón, *rpb1*-exón 1a y 2a posición de los codones y *rpb1*-exón 3a posición de los codones.

El análisis filogenético consistió en el método de Máxima Verosimilitud empleando el programa RAxML 7.0.4 (Stamatakis, 2006a), aplicando el algoritmo para bootstrap rápido con 1000 réplicas, utilizando una aproximación CAT (Stamatakis, 2006b) y el modelo de sustitución nucleotídica GTRGAMMA, cuyos parámetros fueron calculados independientemente para cada partición. El programa RAxML solo aplica el modelo de sustitución nucleotídica GTR, el cual está justificado por el autor por el hecho de que un modelo complejo lleva a obtener un árbol con un valor de verosimilitud mayor al que se obtiene con modelos más simples, además de que una leve sobre-parametrización de los datos no afecta la topología en los nodos con mayor soporte y que los modelos más simples proporcionan únicamente ventajas en cuanto a tiempo computacional (Stamatakis, RAxML Manual 7.0.4).

Los valores de bootstrap $\geq 70\%$ fueron considerados significativos (Felsenstein, 1985).

Resultados

Los ejemplares incluidos en este estudio se distribuyen principalmente en el centro del país, en los estados de México, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Querétaro, Michoacán, Tlaxcala y Veracruz, en bosques de coníferas, bosques mesófilos de montaña y pastizales. Se encontraron 8 especies, de las cuales 4 son especies nuevas y 2 más posibles candidatas, que por el momento no se describen.

En la reconstrucción filogenética se recuperaron los clados terminales con un fuerte soporte, lo cual permite delimitar las especies, además muestra que la mayor parte de las especies mexicanas, aunque presentan morfología similar a las europeas, son filogenéticamente distintas (Fig. 1), lo cual se confirma con las diferencias en el hábitat. Se demuestra que la mayoría de los nombres europeos utilizados antes de este trabajo para ejemplares

mexicanos son inapropiados, tal como ha ocurrido con otros Agaricales de América (Lim et al., 2003; Vellinga et al., 2003; Hughes et al., 2007).

En el caso de los ejemplares que no presentan cistidios no fue posible delimitar las especies. A pesar de que se separan 3 clados terminales, los valores de soporte no son muy altos; adicionalmente, los caracteres morfológicos y ecológicos no presentan variación suficiente, por lo que no se puede justificar su delimitación. Para este estudio dichos taxa son considerados como un grupo parafilético de especies y se nombran grupo *Acystis*, haciendo referencia al subgénero *Acystis* Bon, que incluye a las especies de *Melanoleuca* sin cistidios.

Descripciones

Melanoleuca* cf. *cinereifolia (Bon) Bon, Docums. Mycol. 9(no. 33): 71. 1978

Pileo de 35-50 mm de diámetro, de plano-convexo a plano, margen recto, de color café-grisáceo (5C3), aclarándose hacia el margen, superficie lisa y húmeda. Láminas sinuadas, muy juntas, anchas, blancas, borde liso. Estípites 40 × 3 mm, cilíndrico, sólido, de color café-grisáceo (5C3), más claro hacia el ápice, con estrias longitudinales, carnoso-fibroso. Contexto de color café grisáceo, cambia a color café-chocolate al maltratarse.

Esporas de 7-8 × 4-5 μm , Q = 1.4-2, elipsoides a oblongas, con ornamentaciones en forma de verrugas aisladas, amiloides, hialinas. Basidios de (20.6-)23-31(-33) × 8(-10) μm , tetraspóricos, clavados. Queilocistidios de (41-)49-64(-59.1) × (8-)10-13(-12.8) μm , fusiformes y lageniformes, con cristales en el ápice. Pleurocistidios similares a los queilocistidios.

Resumen taxonómico

Hábito y hábitat. Solitario, en bosque mesófilo de montaña.

Distribución en México. Jalisco y Guerrero.

Material examinado: **México.** Guerrero: municipio Leonardo Bravo, km 4.5 entre el Carrizal y Atoyac, Chichihualco, *Rodríguez-García s/n* (FCME 11225). Jalisco: municipio Zapotlán El Grande, cañón El Floripondio, *J. Schöndube 89.C. Aguilar 20. P. Corona 42. S. Gallo 24* (IBUG). **Suecia.** Bohuslän: Uddevalla, Forshälla, Sund, *LAS92-065* (GB).

Comentarios taxonómicos: *Melanoleuca cinereifolia* originalmente fue descrita para Europa; usualmente se desarrolla en dunas de arena donde crece la planta *Ammophila arenaria*. Los caracteres morfológicos y moleculares muestran que los ejemplares mexicanos pertenecen a esta especie. Sin embargo, el tipo de vegetación en que fue recolectado el ejemplar mexicano fue bosque mesófilo de montaña y el hábito de crecimiento

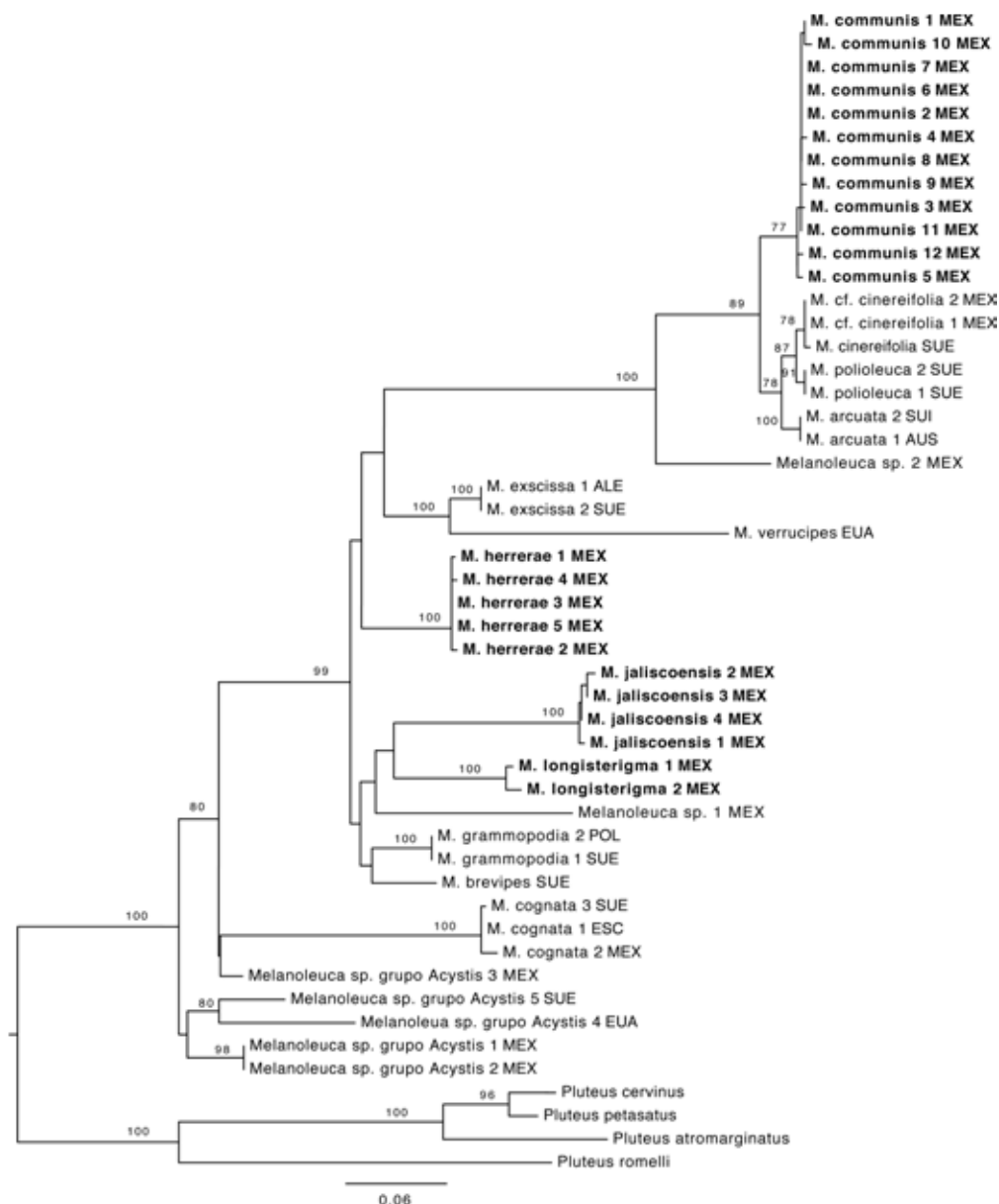


Figura 1. Árbol filogenético obtenido del análisis de máxima verosimilitud (nLSU, ITS, *rpb1*), los valores de bootstrap $\geq 70\%$ se indican arriba de las ramas. Los nombres en negritas indican las especies nuevas. ALE= Alemania, AUS= Austria, ESC= Escocia, EUA= Estados Unidos de América, MEX= México, SUE= Suecia.

no es un estípite semienterrado como el taxón europeo, por lo tanto el hecho de que se trate de la misma especie es algo sorpresivo. Las secuencias de ITS del ejemplar europeo y los mexicanos presentan 100% de similitud; la posibilidad de contaminación al momento de extracción del DNA y amplificación se ha descartado completamente, ya que los materiales fueron estudiados en distintos momentos y laboratorios. Desafortunadamente no fue posible obtener la secuencia de *rpb1* del ejemplar europeo y no pudimos

comparar esta región. Al no existir suficiente evidencia de que estos ejemplares pertenezcan a la misma o distintas especies se consideran como comparables al taxón europeo.

Melanoleuca cognata (Fr.) Konrad y Maubl., Icon. Select. Fung. 3(2): pl. 271. 1927.

Pileo de 42-56 mm de diámetro, plano convexo con un pequeño umbo en el centro, color amarillo mostaza (4B5), superficie higrófana y lisa. Láminas sinuadas,

subadheridas o libres, juntas, blanquecinas con tonos rosáceos, se oscurecen en ejemplares maduros. Estípites de $50-160 \times 5-14$ mm, cilíndrico, sólido, de color blanco a amarillo champagne (4B4), con estrías longitudinales de color amarillo rubio (4C4), fibroso-carnoso. Contexto blanquecino a amarillo champagne (4A2, 4B4). Olor dulce. Sabor insípido a agradable.

Esporas de $7-9 \times 4-5$ μm , $Q = 1.4-1.6(-2)$, elipsoides a oblongas, generalmente oblongas, con ornamentaciones en forma de verrugas, amiloides, hialinas. Basidios de $20.5-30(-33.5) \times 7.5(-10)$ μm , tetraspóricos, clavados. Queilocistidios de $51.5-64(-77.5) \times 10-13(-20)$ μm , lageniformes, algunos fusiformes con cristales en el ápice. Pleurocistidios similares a los queilocistidios.

Resumen taxonómico

Hábito y hábitat. Solitario o gregario, en bosque de *Pinus-Quercus*.

Material estudiado. **México.** Tlaxcala: municipio Huamantla, cañada Grande, ladera E volcán La Malinche, Parque Nacional La Malinche, *A. Montoya-Esquivel* 1825 (TLXM). **Escocia.** Perthshire: Loch preserve,

Tulloch Moor, *TFB4170* (TENN). **Suecia.** Västergötland: Trollhättan, Götalunden, Hedeäng, *LAS85-146* (GB).

Distribución en México. Tlaxcala.

Comentarios taxonómicos. Esta especie se llegó a considerar cercana a *M. arcuata*, ya que esta última presenta láminas con tonos crema, mientras que en *M. cognata* son de tonos rosáceos. Sin embargo, los cistidios en *M. cognata* son fusiformes-lageniformes más grandes que en *M. arcuata* y con un ápice agudo. En general es una especie fácil de identificar y muy común en Europa, los ejemplares mexicanos se compararon con ejemplares colectados en Escocia y Suecia y se comprobó que pertenecen a la misma especie.

Melanoleuca communis Sánchez-García y Cifuentes sp. nov. MycoBank MB 804157

Figs. 2, 3

Tipo. México: Hidalgo, San Miguel el Cerezo, Parque Nacional El Chico, Valle de Los Enamorados, Parque Nacional el Chico, *M. Sánchez-García* 32 (Holotipo: FCME, Isotipo: TENN).



Figura 2. Basidioma de *M. communis*.

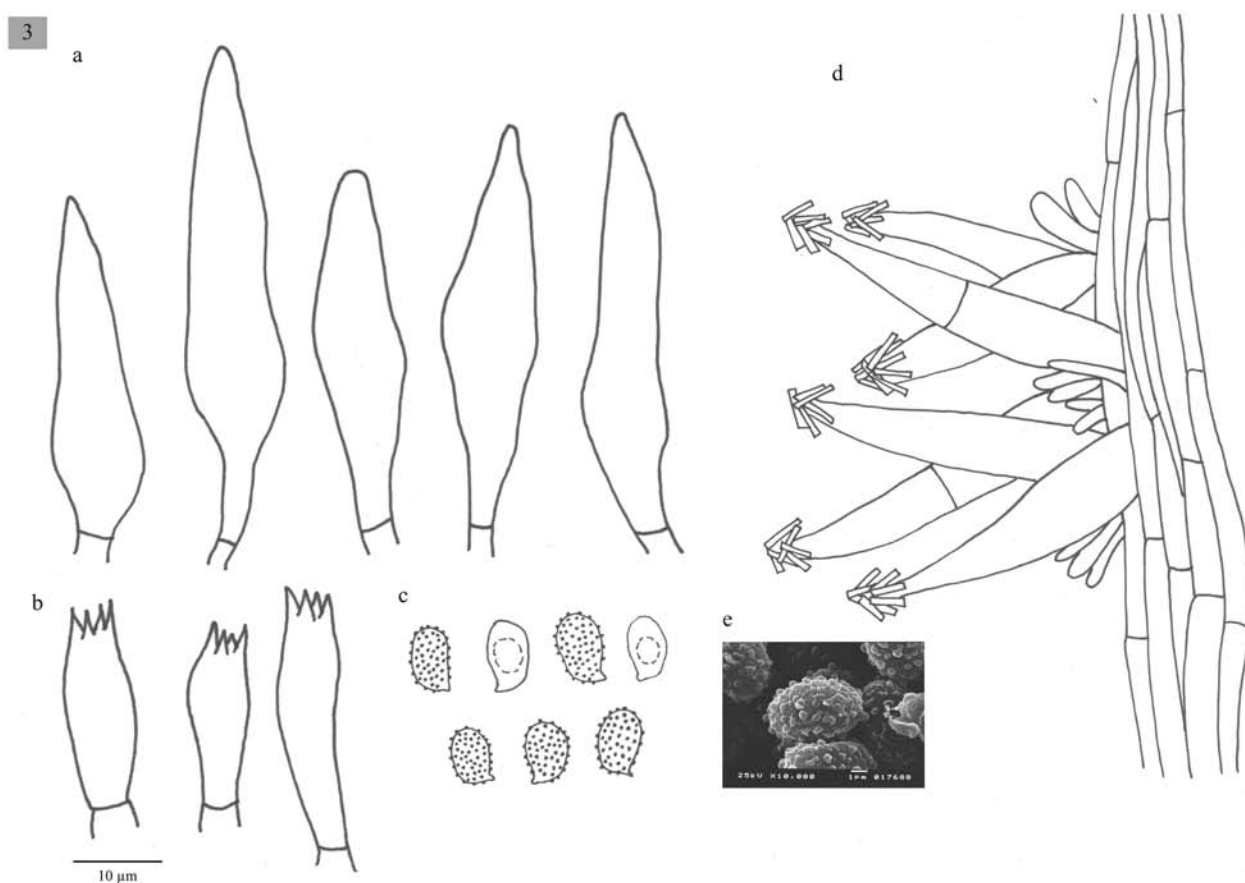


Figura 3. Estructuras microscópicas de *M. communis*. a), cistidios; b), basidios; c), esporas; d), caulocistidios; e), esporas (microscopio electrónico de barrido, MEB).

Pileus 28-160 mm diameter, plane-convex to plane, sometimes umbonate, margin decurved, brown (5D5, 5E5, 5F5-8, 6E6, 5F4-6) slightly paler or yellowish-brown towards the margin (4C5, 5C3-5, 5D3-7, 5E4-6, 6D4), surface moist, glabrous. Lamellae sinuate, uncinuate or adnate, close to crowded, white to yellowish (1-4A2) with entire edges. Stipe 40-170 × 4-12(-18) mm, cylindrical to slightly attenuated towards the base, solid, white to pale yellow (4A2-B4, 5D4-E4), with yellowish longitudinal striates (4C4, 5C2-3, 5D4-E4), fleshy-fibrous. Context white, sometimes brown-beige or grayish (4A2, 5C2, 6B3). Smell sweetish, pleasant, sometimes absent. Taste farinaceous, bitter, sometimes absent. Spores 6-9(-10) × 4-5(-6) µm, $Q = (1.2-1.4-1.8 (-2))$, ellipsoid to oblong, ornamented with amyloid, isolated warts, hyaline. Basidia (18-)21-31(-39) × (5-)8(-10) µm, clavate, tetrasporic. Cheilocystidia (26-)51-77(-90) × 8-18(-21) µm, fusiform, sometimes lageniform usually with crystals at the apices. Pleurocystidia similar to cheilocystidia. Caulocystidia (75-)80-90(-100) × (10-)15-20(-23) µm, fusiform, usually

in clusters, sometimes septate and with crystals in the apex. Lamellar trama parallel. In coniferous forests (*Abies*, *Abies-Pinus*, *Pinus-Quercus* and *Abies-Juniperus*).

Pileo de 28-160 mm, plano-convexo a plano, en algunas ocasiones umbonado, margen decurvado, de color café (5D5, 5E5, 5F5-8, 6E6, 5F4-6) aclarándose hacia el margen a color café amarillento (4C5, 5C3-5, 5D3-7, 5E4-6, 6D4), superficie húmeda, glabra. Láminas sinuadas, uncinadas, o adheridas, juntas a muy juntas, blancas a amarillentas (1-4A2), borde liso. Estípite 40-170 × 4-12(-18) mm, cilíndrico, generalmente ensanchándose un poco hacia la base, sólido, blanco a amarillo pálido (4A2-B4, 5D4-E4), con fibrillas longitudinales de color café amarillento (4C4, 5C2-3, 5D4-E4), carnoso-fibroso. Contexto blanco, color café beige, o grisáceo (4A2, 5C2, 6B3). Olor dulce, agradable, a veces inapreciable. Sabor farináceo, amargo, a veces inapreciable.

Esporas de 6-9(-10) × 4-5(-6) µm, $Q = (1.2-1.4-1.8 (-2))$, elipsoides a oblongas, ornamentadas con verrugas aisladas, amiloides, hialinas. Basidios de (18-)21-31(-39)

× (5-)8(-10) μm, clavados, tetraspóricos. Queilocistidios de (26-)51-77(-90) × 8-18(-21) μm, fusiformes y algunos lageniformes, en general presentan cristales en el ápice. Pleurocistidios similares a los queilocistidios. Caulocistidios (75-)80-90(-100) × (10-)15-20(-23) μm, fusiformes, usualmente en grupos, algunos septados y con cristales en el ápice. Trama lamelar paralela.

Resumen taxonómico

Hábito y hábitat. Gregario, en bosques de *Abies*, *Abies-Pinus*, *Pinus-Quercus* y *Abies-Juniperus*.

Material examinado. **México.** Distrito Federal: delegación Cuajimalpa, zona oriental del Desierto de los Leones, *G. Guzmán 4246* (ENCB). Km 43-44 carretera México-Cuernavaca, *E. Chinchilla 17008* (MEXU). Estado de México: Parque Nacional de las Lagunas de Zempoala, carretera a Chalma, *L. Guzmán-Dávalos 269* (ENCB). Volcán Popocatepetl, *Jones 123* (ENCB). La Marquesa, Parque Nacional Miguel Hidalgo, *Mitasteins.s.n.* (ENCB). La Marquesa-Chalma, *R. Lamoche y E. Pérez 8456* (MEXU). Mpio. Amanalco, km 39 carretera Toluca-Amanalco-Valle de Bravo, Agua Bendita, *Ortega-Lechuga 2* (FCME 3299). Hidalgo: San Miguel el Cerezo, Parque Nacional El Chico, *L. Guzmán-Dávalos 709* (ENCB). Valle de Los Enamorados, Parque Nacional El Chico, *M. Sánchez-García 32* (FCME). Mpio. Epazoyucan, Peñas Largas, *Medina y García 1182* (ENCB). Mpio. Pachuca, km 10 carretera Pachuca-Tampico, Parque Nacional El Chico, *L. Pérez-Ramírez 533* (FCME 14898). Mpio. Mineral del Monte, Pueblo Nuevo, *E. Pérez y R. Lamoche 1002* (MEXU). Michoacán: desviación hacia Anganguero, cerro de la pirámide, ladera sur, *J. Cifuentes 577* (FCME 1677). Mpio. Anganguero, km 3.5 de la desviación a Tlalpujahua carretera El Oro-Anganguero, *Sánchez-Espinosa y J. Villarruel-Ordaz 698* (FCME 17166). Reserva Especial de la Biósfera de la Mariposa Monarca, *Juárez, Martínez y Montañez 331* (FCME 17514). *Álvarez, Busto y Montañez 369* (FCME 17688). Mpio. Ciudad Hidalgo, km 186, carretera Toluca-Morelia, *Márquez s.n.* (FCME 11556). Mpio. Zinapécuaro, Laguna Larga Zona de Protección Forestal Los Azufres, *Bulnes y J. Cifuentes 2695* (FCME 13897). Puebla: municipio Teziutlán, finca La Magdalena al S de Teziutlán, *F. Ramírez-Guillén 392* (XAL). Tlaxcala: municipio Tlaxco, El Rosario km 4.5, Parque Recreativo El Rodeo, *Hernández-Muñoz 350* (FCME 5311). Veracruz: Parque Nacional Cofre de Perote, Conejos a la Cumbre, *D. Murrieta 1025* (XAL).

Distribución en México. Distrito Federal, Estado de México, Hidalgo, Michoacán, Puebla, Tlaxcala y Veracruz.

Etimología. Esta especie resultó ser la más común en todos los herbarios mexicanos visitados, por lo que se le dio este nombre haciendo referencia a esta particularidad.

Comentarios taxonómicos. En este grupo se encuentran

ejemplares que presentan basidiomas de distintos tamaños, con pileos que van desde 28 hasta 160 mm de diámetro. En un principio se llegó a considerar que dicha variación podría indicar que se trataba de más de una especie; sin embargo, en este estudio se presenta evidencia micromorfológica, molecular y ecológica que muestra que todos los ejemplares pertenecen a una sola especie y que el tamaño del basidioma puede considerarse como un caracter con alta plasticidad fenotípica. Por otro lado, se observa que aunque los materiales europeos y mexicanos presentan similitudes morfológicas, el análisis filogenético muestra que son especies distintas.

Melanoleuca communis se agrupa en un clado con *M. arcuata*, *M. cinereifolia* y *M. polioleuca* (Fig. 1). El porcentaje de similitud entre los 4 taxa es de 97-98% (Cuadro 2), mientras que el porcentaje de similitud intraespecífica es de mas de 99%. Nilsson et. al (2008) demostraron que la variación intraespecífica en basidiomicetes varia entre 0.3 y 17%, por lo que es difícil establecer un porcentaje único para delimitar especies; sin embargo, comparando la variación intraespecífica con la variación interespecífica en este clado, junto con información ecológica (hábitat) y geográfica podemos concluir que se trata de 4 especies distintas, sugiriendo convergencia morfológica, como ha sido documentado en otros grupos de hongos (Hibbett et al., 1997; Petersen y Hughes, 1999).

Melanoleuca herrerae Sánchez-García y Cifuentes sp. nov. MycoBank MB 804158

Figs. 4, 5

Tipo. **México:** Estado de México, municipio Amanalco, km 39 carretera Toluca-Amanalco-Valle de Bravo, Agua Bendita, *J. Cifuentes 3445* (holotipo: FCME, isotipo: TENN).

Pileus 12-55 mm diameter, convex to plane-convex, slightly depressed at the center, margin incurved, yellowish brown to dark brown (5E5, 5E4), surface smooth and dry. Lamellae adnate to decurrent, close to crowded, whitish (4A2, 4B3), with entire edges. Stipe 30-60 × 3-7 mm, slightly attenuated towards the base, solid, yellowish brown, longitudinally striate. Context concolorous with the pileus surface, white in the interior. Smell pleasant,

Cuadro 2. Porcentaje de similitud de los ITS de los miembros del clado polioleuca-communis-cinereifolia-arcuata

	<i>M. communis</i>	<i>M. polioleuca</i>	<i>M. cinereifolia</i>
<i>M. polioleuca</i>	97%		
<i>M. cinereifolia</i>	98%	98%	
<i>M. arcuata</i>	97%	97%	97%



Figura 4. Basidioma de *M. herrerae*.

aromatic. Taste herbaceous. Spores $7-9 \times 4-5 \mu\text{m}$, $Q = 1.4-1.8$, ellipsoid, ornamented with amyloid warts, hyaline. Basidia $20.6-36 \times 7.7-10 \mu\text{m}$, clavate, tetrasporic and sometimes bisporic. Cheilocystidia $(38.5-41-56.5 \times 7.7-10 \mu\text{m})$, urticoid, sometimes with a transversal septum. Pleurocystidia scarce, similar to cheilocystidia, sometimes very difficult to observe. Lamellar trama parallel. In *Quercus* and *Abies-Juniperus* forests.

Píleo de 12 a 55 mm de diámetro, convexo a plano-convexo, ligeramente deprimido en el centro, margen incurvado, de color café-amarillento a café oscuro (5E5, 5E4), superficie lisa y seca. Láminas adheridas a decurrentes, juntas a muy juntas, blanquecinas (4A2, 4B3), borde liso. Estípite de $30-60 \times 3-7 \text{ mm}$, ligeramente atenuado hacia la base, sólido, de color café-amarillento, cubierto de estrías longitudinales muy finas, fibroso. Contexto concoloro a la superficie del píleo, blanco hacia el centro. Olor agradable, aromático. Sabor a hierba.

Esporas de $7-9 \times 4-5 \mu\text{m}$, $Q = 1.4-1.8$, elipsoides, ornamentadas con verrugas amiloides, hialinas. Basidios de $20.6-36 \times 7.7-10 \mu\text{m}$, clavados, tetraspóricos y a veces bispóricos. Queilocistidios de $(38.5-41-56.5 \times$

$7.7-10 \mu\text{m})$, urticoides, algunos con un septo transversal. Pleurocistidios similares a los queilocistidios pero muy escasos y en ocasiones no se observan fácilmente. Trama lamelar paralela.

Resumen taxonómico

Material examinado. México. Estado de México: Amecameca-Tlmacas, *L. Guzmán-Dávalos 152* (ENCB). Mpio. Amanalco, km 39 carretera Toluca-Amanalco-Valle de Bravo, Agua Bendita, *J. Cifuentes 3445* (holotipo en FCME, isotipo en TENN). Michoacán: municipio Angangueo, Llano de las Papas, Reserva Especial de la Biosfera de la Mariposa Monarca, *J. Cifuentes 4157* (FCME 15688). Tlaxcala: municipio Panotla, 1 km al E de San Francisco Temezontla, *Hernández-Cuevas 2188* (TLXM). *A. Montoya-Esquivel 1282* (TLXM).

Hábito y hábitat. Gregario, en bosques de *Quercus* y *Abies-Juniperus*

Distribución en México. Estado de México, Michoacán y Tlaxcala.

Etimología. El epíteto específico se asignó en honor al Dr. Teófilo Herrera, uno de los fundadores de los estudios taxonómicos de hongos en México.

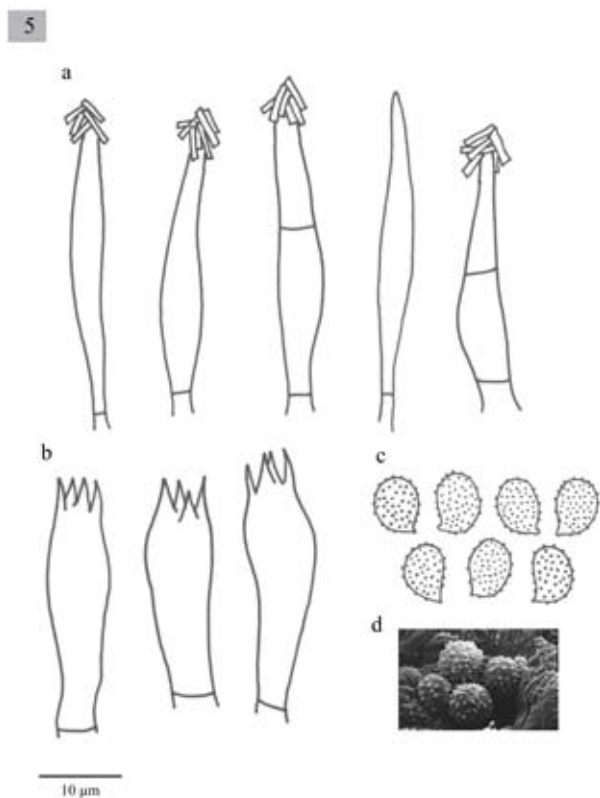


Figura 5. Estructuras microscópicas de *M. herrerae*. a), cistidios; b), basidios; c), esporas; d), esporas (MEB).

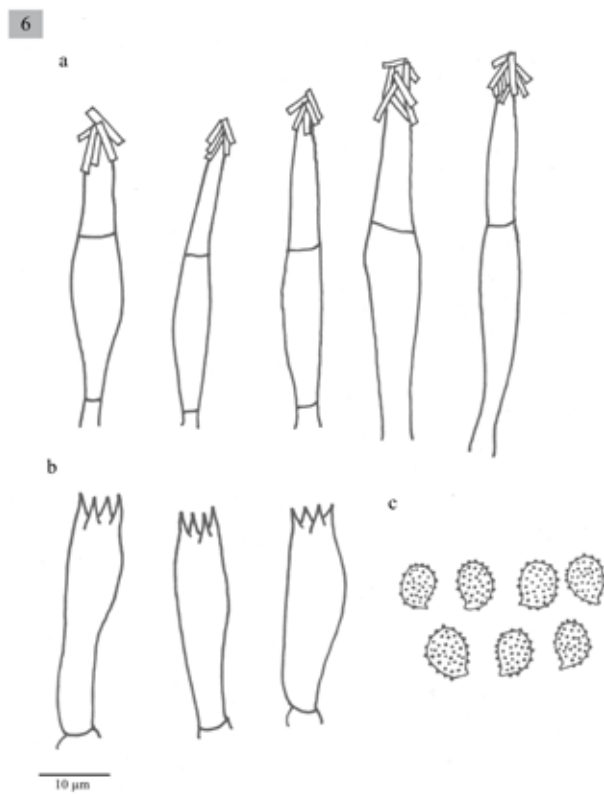


Figura 6. Estructuras microscópicas de *M. jaliscoensis*. a), cistidios; b), basidios; c), esporas.

Comentarios taxonómicos. Cinco ejemplares mexicanos recolectados en el Estado de México, Michoacán y Tlaxcala, presentan características macro y micromorfológicas similares a las de *M. excissa* (Fr.) Singer; sin embargo, estos especímenes se agrupan en un clado distinto con un fuerte soporte. El tipo de vegetación en donde se encuentran los integrantes de ambos clados también es similar, ya que se distribuyen en bosques templados, pero la asociación frecuente con *Abies religiosa*, árbol endémico de México, sugiere divergencia por hábitat congruente con la divergencia filogenética. A pesar de las similitudes morfológicas que estos ejemplares comparten con *M. excissa*, pueden considerarse especies distintas con base en la posición filogenética (Fig. 1) y en la distribución geográfica.

Melanoleuca jaliscoensis Sánchez-García, Cifuentes y Guzm.-Dáv. sp.nov. MycoBank MB 804159

Fig. 6

Tipo. México: Jalisco, municipio Zapopan, jardín del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA), Universidad de Guadalajara, Las Agujas

Nextipac, G. López-Damián 50 (holotipo: IBUG, isotipo: FCME, TENN).

Pileus 65-100 mm diameter, plano-convex to plane, margin decurved, pale yellowish-brown, darker in some areas, surface hygrophorous, smooth. Lamellae adnexed, sometimes decurrent, close, whitish. Stipe approximately 100 mm, central, clavate, solid, smooth, concolorous with the pileus, fibrose. Context whitish. Smell fungoid. Spores (6-)7-8 × 5(-6) µm, Q = 1.3-1.6, ellipsoid, ornamented with amyloid, warts, hyaline. Basidia (23-)25.7-30.8(33.4) × 7.7 µm, clavate, tetrasporic. Cheilocystidia (33.4-)36-43.6(-49) × (5-)7.7 µm, urticoid, with a transversal septum and crystals at the apex. Lamellar trama parallel. In *Pinus-Quercus* forests or in perturbed temperate areas.

Píleo de 65 a 100 mm de diámetro, plano-convexo a plano, margen decurvado, de color amarillo-café claro, en algunas áreas con tonos más oscuros, superficie higrófana y lisa. Láminas subadheridas, algunas decurrentes, juntas, blanquecinas. Estípote aproximadamente 100 mm, central, clavado, sólido, liso, concoloro al píleo, fibroso. Contexto blanquecino. Olor fúngico.

Esporas de $(6-7-8 \times 5(-6) \mu\text{m}$, $Q = 1.3-1.6$, elipsoides, con ornamentaciones en forma de verrugas, amiloides, hialinas. Basidios de $(23-25.7-30.8(33.4) \times 7.7 \mu\text{m}$, clavados, tetraspóricos. Queilocistidios de $(33.4-36-43.6(-49) \times (5-7)7.7 \mu\text{m}$, urticoides con un septo transversal y cristales en el ápice. Pleurocistidios escasos, difíciles de observar, similares a los queilocistidios. Trama lamelar paralela.

Resumen taxonómico

Hábito y hábitat. Gregario, en bosques de *Pinus-Quercus* o en jardín en una zona templada.

Material examinado. **México.** Jalisco: municipio Zapopan, jardín del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA), Universidad de Guadalajara, Las Agujas, Nextipac, *M. G. Buenrostro* 36 (IBUG). *G. López-Damián* 50 (holotipo en IBUG, isotipos en FCME y TENN). *M. R. Sánchez-Jácome* 966 (IBUG). Km 120 carretera Guadalajara-Autlán, El Mirador, Sierra de Quila, *O. Vargas* 265 (IBUG).

Distribución en México. Jalisco.

Etimología. El epíteto específico deriva de Jalisco, estado de donde provienen los 4 ejemplares estudiados.

Comentarios taxonómicos. Esta especie se distribuye en el estado de Jalisco, se caracteriza por presentar queilocistidios urticoides que se pueden observar fácilmente, la mayoría con un septo y cristales en el ápice, y los pleurocistidios son similares a los queilocistidios. Presenta similitudes con *M. grammopodia* (Bull.) Murrill; sin embargo, esta última no posee pleurocistidios. Otra especie similar es *M. excissa*, pero el tamaño del basidioma es menor al de estos ejemplares, además de ser filogenéticamente distinta; *M. excissa* se agrupa en un clado con *M. verrucipes*, mientras que *M. jaliscoensis* forma un clado distinto con otras 2 especies mexicanas: *M. longisterigma* y *Melanoleuca* sp1 (Fig. 1). Por lo que al no coincidir con ninguna otra descripción y por la evidencia filogenético, se considera una especie nueva.

Melanoleuca longisterigma Sánchez-García y Cifuentes sp. nov. MycoBank MB 804160

Fig. 7

Tipo. **México.** Veracruz: carretera Puebla-Xalapa, cerca de la desviación a Oriental, límite con Puebla, antes de Totalco, *G. Guzmán* 19274 (holotipo: ENCB, isotipo: FCME, TENN).

Pileo 10-50 mm diameter plane, umbonate to slightly depressed, margin decurved, pale grayish-brown, surface smooth and dry. Lamellae sinuate, close, whitish. Stipe 20-60 \times 4-9 mm, central or eccentric, cylindrical somewhat broadening towards apex, solid, concolorous with the pileus surface, fleshy-fibrous. Context withish. Smell fungoid, pleasant. Spores 8-10 \times 5-6 μm , $Q = 1.3-1.8$,

ellipsoid to oblong, ornamented with amyloid, warts, hyaline. Basidia (28-)33.5-43.7 \times 7.7-10 μm , clavate, tetrasporic, but also monosporic and bisporic with long sterigmata. Cheilocystidia 33-40(-45) \times 5-7 μm , urticoid, very difficult to observe. Pleurocystidia absent. Lamellar trama parallel. In grasslands.

Pileo de 10-50 mm de diámetro, plano, umbonado a ligeramente deprimido, margen decurvado, de color café grisáceo claro, superficie lisa y seca. Láminas sinuadas, juntas, blanquecinas. Estípite 20-60 \times 4-9 mm central o excéntrico, cilíndrico y en algunos casos más ancho hacia el ápice, sólido, liso a estriado, blanquecino o concoloro con el pileo, carnoso-fibroso. Contexto blanquecino. Olor fúngico, agradable.

Esporas de 8-10 \times 5-6 μm , $Q = 1.3-1.8$, elipsoides a oblongas, con ornamentaciones en forma de verrugas, amiloides, hialinas. Basidios de (28-)33.5-43.7 \times 7.7-10 μm , clavados, tetraspóricos, aunque también se observan mono y bispóricos, con esterigmas largos. Queilocistidios urticoides 33-40(-45) \times 5-7 μm , muy difíciles de observar. Pleurocistidios ausentes. Trama lamelar paralela.

Resumen taxonómico

Hábito y hábitat. Gregario, en pastizales.

Material examinado. **México.** Querétaro: entre San Juan del Río y Querétaro, *G. Guzmán* 11494 (ENCB). Veracruz: carretera Puebla-Xalapa, cerca de la desviación a Oriental, límite con Puebla, antes de Totalco, *G. Guzmán* 19274 (holotipo en ENCB, isotipos en FCME y TENN).

Distribución en México. Querétaro y Veracruz.

Etimología. El epíteto específico hace referencia a los esterigmas inusualmente largos que presenta esta especie, especialmente cuando los basidios son monosporicos.

Comentarios taxonómicos: esta especie se caracteriza por presentar basidios mono- y bispóricos. Aunque algunas especies de *Melanoleuca* presentan basidios bispóricos no se habían reportado monosporicos, ni con esterigmas tan largos, por lo que estos ejemplares se consideran como una especie nueva.

***Melanoleuca* sp. 1**

Pileo de 50-82 mm de diámetro, convexo con un pequeño umbo a plano-convexo, color anaranjado-café (5C3) a café oscuro (6F7, 6E6), superficie radialmente fibrilosa. Láminas sinuadas, juntas, blanquecinas (4A2), con borde liso. Estípite de 70-105 \times 4-9 mm, cilíndrico a clavado, sólido, color anaranjado-café (6C4), estriado longitudinalmente, fibroso-carnoso. Contexto blanquecino (4A2). Olor inapreciable. Sabor desagradable, amargo.

Esporas de 7-9 \times 4-5 μm , $Q = 1.4-1.8 (-2.2)$, elipsoides a oblongas, por lo general oblongas con ornamentaciones en forma de verrugas aisladas, algunas son alargadas y otras redondas, amiloides, hialinas. Basidios de (28-)33.5-39(-

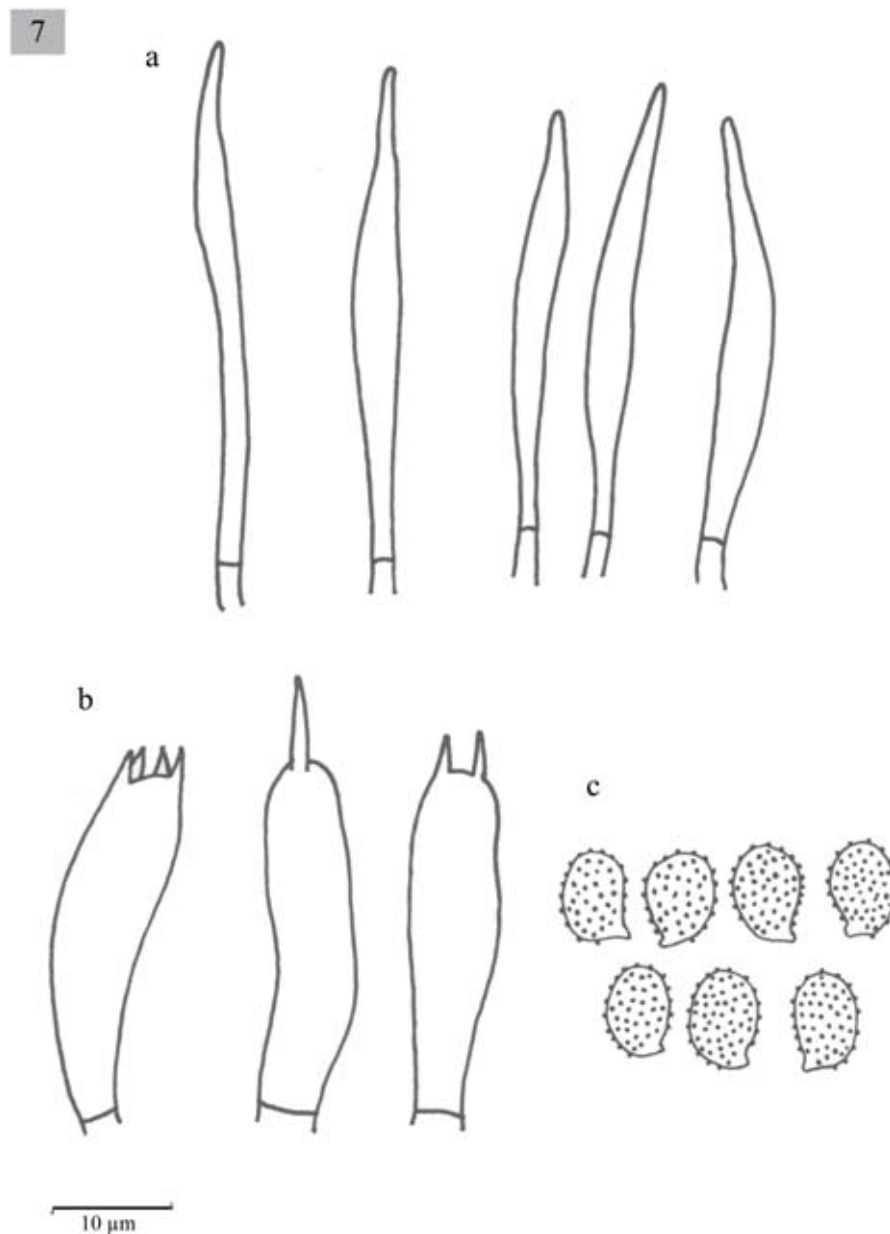


Figura 7. Estructuras microscópicas de *M. longisterigma*. a), cistidios; b), basidios; c), esporas.

$41) \times 7.5-10.5 \mu\text{m}$, tetraspóricos, clavados. Queilocistidios de $51-69 \times 8-10 \mu\text{m}$, urticoides, con cristales en el ápice. Pleurocistidios ausentes.

Resumen taxonómico

Hábito y hábitat. Solitario, en bosque mesófilo de montaña.

Material examinado. **México.** Guerrero: municipio Chilpancingo de los Bravo, cañada de La Perra, Omiltemi, Luna s/n (FCME 13510).

Distribución en México. Guerrero.

Comentarios taxonómicos. Este ejemplar es similar a *M. grammopodia*, ya que presenta caracteres macromorfológicos similares, como un estípite estriado longitudinalmente y un píleo umbonado. En cuanto a los caracteres micromorfológicos se caracterizan por la presencia de queilocistidios urticoides y la ausencia de pleurocistidios. La diferencia que tiene este ejemplar con respecto a *M. grammopodia* es en el tamaño de los

cistidios, los cuales miden $51-90 \times 7.5-10 \mu\text{m}$ en este espécimen, mientras que los de *M. grammopodia* son más pequeños ($25-50 \times 5-10 \mu\text{m}$). Otra diferencia es el tipo de vegetación en que se encuentran, *M. grammopodia* en bosques templados mientras que este ejemplar fue recolectado en bosque mesófilo de montaña del estado de Guerrero. Este taxón se puede considerar como una especie nueva, sin embargo el material se considera insuficiente, por lo que por ahora no se puede describir.

Melanoleuca sp. 2

Píleo liso, de color moreno gris, superficie lisa. Láminas sinuadas, juntas, blancas, con borde liso o aserrado. Estípites cilíndricos, algo bulbosos, concoloro al píleo.

Esporas de $(6-7-8 \times 4-5 \mu\text{m})$, $Q = (1.2-1.4-1.75)$, amiloides, ornamentadas, elipsoides a oblongas. Basidios de $28-37.5 \times 7.7-10 \mu\text{m}$, tetraspóricos, clavados. Queilocistidios de $48-51 \times 3-4 \mu\text{m}$, urticoides, algunos con un septo transversal, muy difíciles de observar. Pleurocistidios no observados.

Resumen taxonómico

Hábitat. En bosque de *Pinus*.

Material examinado. **México.** Estado de México: antigua carretera México-Río Frío, cerca de Llano Grande, G. Guzmán 7540 (ENCB).

Distribución en México. Estado de México.

Comentarios taxonómicos. Corresponde a un ejemplar mexicano recolectado en el Estado de México. Es similar a *M. rasilis* (Fr.) Singer, por las características que presenta; sin embargo, esta última tiene láminas grisáceas. Otra especie similar es *M. iris* Kühner, aunque el tamaño del píleo es mayor, de 6-7.5 cm y el de este ejemplar mide 4 cm de diámetro. Las características de este ejemplar no corresponden con ninguna especie descrita y se muestra filogenéticamente distinta (Fig. 1); sin embargo, sólo se encontró un ejemplar que carece de suficientes datos de colecta, por lo que no se describe como nueva.

Melanoleuca yucatanensis Guzmán y Bon, Docums Mycol. 14(53): 6. 1984.

Píleo de 15-35 mm de diámetro, convexo a un poco plano o subcóncavo, de color café grisáceo, superficie seca y glabra. Láminas subadnadas, juntas, blancas o blanquecinas a amarillentas. Estípites de $20-40 \times 1-2 \text{ mm}$, blanco a blanquecino, glabro. Contexto blanquecino. Olor inapreciable.

Esporas de $(5.2-6-7 \times 4.5-6(-6.7) \mu\text{m})$, globosas o subelipsoides, con ornamentaciones en forma de verrugas, amiloides, hialinas. Basidios de $16.5-28.5 \times 9-10.5 \mu\text{m}$, tetraspóricos, clavados. Queilocistidios de $31.5-55.5 \times 4.5-9 \mu\text{m}$, urticoides, con un septo transversal en medio y cristales en el ápice. Pleurocistidios similares a los

queilocistidios pero sin cristales en el ápice.

Hábito y hábitat. Solitario, en bosque tropical perennifolio.

Distribución en México. Quintana Roo.

Comentarios taxonómicos. Es la única especie descrita previamente como endémica de México (Guzmán, 1982), aunque recientemente ha sido reportada en Italia (Fontenla et al., 2003). Se reconoce fácilmente por su tamaño pequeño y por los cistidios urticoides. No se obtuvieron secuencias de los ejemplares estudiados de esta especie, por lo que no incluyó en el análisis filogenético.

Grupo Acystis

Dentro de este grupo se incluyeron los ejemplares que carecen de cistidios (ver comentarios taxonómicos en esta sección y discusión)

Píleo de 28-56 mm, plano-convexo a plano, ligeramente umbonado, centro color café oscuro (6F4-6, 5E4-5) a café claro (5D4) y en el margen café claro (5D4-6) a café oscuro (6E4), margen levantado, superficie lisa, seca o húmeda, en algunos casos es higrofana. Láminas adheridas o emarginadas, de juntas a muy juntas, blanquecinas a marfil (4A2, 4B3). Estípites de $28-93 \times 3-7 \text{ mm}$, cilíndricos, algunas veces ensanchado hacia la base, blanquecino (4A2) a color café claro (5B3, 5D4), con estrías longitudinales de color café (6E4), carnoso-fibroso. Contexto blanco. Olor inapreciable a agradable dulce. Sabor en ocasiones fúngico.

Esporas de $6-8(-9) \times 4-6 \mu\text{m}$, $Q = 1.2-1.4(-1.8)$, elipsoides con ornamentaciones en forma de verrugas aisladas, amiloides, hialinas. Basidios de $(20-30-39 \times 8-10 \mu\text{m})$, tetraspóricos, clavados. Cistidios ausentes.

Resumen taxonómico

Hábito y hábitat. Gregario, en bosques de *Abies-Juniperus* o *Abies-Pinus*.

Material examinado. **Estados Unidos.** Alaska: Anchorage County, Anchorage, Pop Carr Park, TFB8206, 17-septiembre-1995 (TENN 053873). Juneau County, Juneau, Bridget Point State Park, TFB8241 (TENN 053993). Idaho: Kootenai County, Beauty Creek Drainage, Coeur d'Alene, TFB5599 (TENN 052497). **México:** Estado de México: El Capulín, Nevado de Toluca, J. Cifuentes 2005-252 (FCME 22462). Michoacán: municipio Angangueo, Reserva Especial de la Biosfera de la Mariposa Monarca (REBMM), Ruan, González y Montañez 320 (FCME 17526). Tlaxcala: 5-6 km al E de San Francisco Xavier Mina, ladera SE del volcán La Malinche, Parque Nacional La Malinche, A. Montoya-Esquivel 1404 (TLXM). **Suecia.** Gotland: Gotland, Viklau, nära fornborgen VSV Viklaus kyrka, LAS00-194 (GB).

Distribución en México. Estado de México, Michoacán y Tlaxcala.

Comentarios taxonómicos. Se han descrito alrededor de 12 especies de *Melanoleuca* sin cistidios (Bon, 1991; Gillman y Miller, 1977); sin embargo, las descripciones no son detalladas y carecen de información importante, por lo que es necesario comparar los especímenes sin cistidios con los ejemplares tipo para poder saber con certeza de qué especie se trata. Para no generar mayor confusión taxonómica, se decidió considerar por el momento a estos ejemplares

como parte del grupo *Acystis* (grupo parafilético).

Aunque los estudios filogenéticos muestran que es muy probable que existan varias especies dentro de este grupo, no se encontraron caracteres morfológicos, ecológicos o geográficos que permitan delimitarlas. Por lo que se sugiere un estudio más detallado que incluya un tamaño de muestra mayor, incluyendo ejemplares de diferentes partes del mundo.

Clave para identificar las especies de *Melanoleuca* en México.

- | | |
|---|----------------------------|
| 1a. Cistidios ausentes | Grupo <i>Acystis</i> |
| 1b. Cistidios presentes | 2 |
| 2a. Cistidios urticoides | 3 |
| 2b. Cistidios lageniformes o fusiformes | 8 |
| 3a. Queilocistidios presentes y pleurocistidios ausentes | 4 |
| 3b. Queilo- y pleurocistidios presentes, aunque los pleurocistidios son escasos* | 6 |
| 4a. Basidios monosporicos, bispóricos y tetrasporicos. Píleo de color café crema claro, liso, umbonado a ligeramente deprimido. Estípite central o excéntrico, liso a estriado | <i>M. longisterigma</i> |
| 4b. Basidios únicamente tetrasporicos | 5 |
| 5a. Píleo de aproximadamente 30 mm de diámetro, liso o color moreno gris. Láminas con bordes lisos o aserrados. En bosques de pino. <i>Melanoleuca</i> sp. | 2 |
| 5b. Píleo de 50-80 mm de diámetro, convexo a plano convexo de color café-amarillento. Láminas con borde liso. En bosque mesófilo de montaña. <i>Melanoleuca</i> sp. | 1 |
| 6a. En selva mediana subperennifolia. Píleo de 15 a 35 mm de diámetro, convexo a plano subcóncavo, glabro, seco, de color café-grisáceo. Estípite de 20-40 × 1-2 mm. | <i>M. yucatanensis</i> |
| 6b. En bosques de coníferas | 7 |
| 7a. Píleo de 65 a 100 mm de diámetro | <i>M. jaliscoensis</i> |
| 7b. Píleo de 12 a 55 mm de diámetro | <i>M. herrerae</i> |
| 8a. Láminas con tonos rosáceos y se tornan más oscuras, hasta ocráceas en ejemplares maduros | <i>M. cognata</i> |
| 8b. Láminas blanquecinas. | 9 |
| 9a. Píleo de 35 a 50 mm de diámetro, plano-convexo a plano, de color gris claro. Caulocistidios nunca con un septo transversal, distribuidos uniformemente. En bosque mesófilo de montaña | <i>M. cf. cinereifolia</i> |
| 9b. Píleo de 28 a 160 mm de diámetro, plano-convexo y en algunas ocasiones con un pequeño umbo, de color café oscuro a café claro. Caulocistidios a veces con septo transversal y formando pequeños grupos de 10 a 30 cistidio. En bosques de coníferas | <i>M. communis</i> |

*Los pleurocistidios urticoides a veces son difíciles de observar, por lo que se recomienda realizar cortes muy delgados y hacer varias preparaciones, para saber con certeza si estas estructuras están o no presentes.

Discusión

La mayoría de las especies mexicanas se distribuyen a lo largo del Eje Volcánico Transmexicano, que es una zona de gran riqueza biológica y donde se registra una importante cantidad de especies endémicas (Morrone, 2005), por lo que el hecho de encontrar especies nuevas en esta zona es algo común en distintos grupos de organismos (Corona et al., 2007; Villaseñor y Ortiz, 2007).

A pesar de que una gran parte de las especies mexicanas resultaron ser nuevas no se debe descartar el posible uso de nombres europeos para ejemplares mexicanos, pues en algunos casos sí se trata de las mismas especies, como

M. cognata o casi idéntica como *M. cf. cinereifolia*, taxa descritos para Europa que se encontraron en México. Aunque no debe dejarse de lado el hecho de que puedan ser especies introducidas, para lo que serían necesarios estudios filogeográficos que permitan conocer su distribución original y posibles mecanismos de dispersión (ej. Vizzini et al., 2009). Por este motivo recomendamos analizar cada caso por separado y tratar con cuidado los nombres Europeos para ejemplares de América, especialmente de la región neotropical.

Melanoleuca melaleuca (Pers.) Murrill ha sido considerada por algunos autores como una especie que posee cistidios fusiformes y lageniformes (Gillman y Miller, 1977; Pegler,

1977; Bon, 1991; Fontenla et al., 2003), mientras otros la tratan como una especie carente de cistidios (Kühner, 1978; Watling y Turnbull, 1998; Boekhout, 1999; Horak, 2005; Vesterholt, 2008).

En 1887, cuando Patouillard describió el género *Melanoleuca*, basó su descripción en *Agaricus melaleucus* Pers., que denominó *M. vulgaris* Pat. Posteriormente, Murrill (1911) renombró a esta especie *M. melaleuca*, dando una descripción más detallada que la original, pero basándose en ejemplares recolectados en EUA; en dicha descripción tampoco mencionó la presencia o ausencia de cistidios.

En 1953 Kühner y Romagnesi en su *Flore analytique de champignons supérieurs*, consideraron a *M. melaleuca* como una especie con cistidios prominentes. Posteriormente, Kühner (1978) cambió de opinión y la consideró carente de cistidios, argumentando que los ejemplares recolectados y descritos en esta publicación eran muy parecidos a la ilustración que Fries (1867) presentó en su obra *Icones selectae Hymenomycetum nondum delineatorum* como el típico *A. melaleucus*. Kühner correlacionó la presencia de cistidios con un píleo pruinoso y la ausencia de dichas estructuras con un píleo glabro.

Fontenla et al. (2003) designaron un neotipo de *M. melaleuca* el cual posee cistidios, indicando que la ornamentación del píleo no está correlacionada con la presencia de los cistidios y que el epíteto ha sido usado por la mayoría de los autores para referirse al taxón con cistidios. Es claro que esta especie ha sido objeto de discusión entre la comunidad micológica; sin embargo, la designación de un neotipo pone fin a la disputa, proporcionando un panorama preciso acerca de los caracteres morfológicos que definen a este taxón.

A pesar de que el nombre *M. melaleuca* ha sido usado para denominar a ejemplares mexicanos, en este trabajo no se encontró ningún ejemplar que corresponda a este taxón; por lo que se recomienda analizar cuidadosamente los ejemplares de *Melanoleuca* para evitar el uso inadecuado de nombres europeos.

Agradecimientos

A los curadores de los herbarios ENCB, IBUG, GB, MEXU, TLXM y XAL por las facilidades otorgadas para la consulta de sus colecciones. A CONACyT y al posgrado en Ciencias Biológicas por brindar el apoyo y facilidades a MSG para llevar a cabo este proyecto. Al programa de Becas Mixtas CONACyT por otorgar el apoyo económico a MSG para realizar una estancia de investigación en la Universidad de Tennessee. A la Dra. Claudia Segal, Dra. Luisa Alba-Lois y a la M. en C. Beatriz Rodarte por su ayuda en la obtención de las secuencias. A la M. en C.

Laura Márquez por el servicio de secuenciación. A la Dra. Silvia Espinosa por la obtención de fotografías al microscopio electrónico de barrido. A Joshua Birkebak por su ayuda en la elaboración de los dibujos. Este proyecto fue financiado por los proyectos PAPIIT-IN218008, PAPIIT-IN207311 y por la Universidad de Tennessee.

Literatura citada

- Boekhout, T. 1988. New taxa, and new combinations in *Melanoleuca* Pat. and notes on rare species in the Netherlands. *Persoonia* 13:397-431.
- Boekhout, T. 1999. Genus *Melanoleuca*. In *Flora Agaricina Neerlandica* Vol.4, C. Bas, W. Kuyper, M. E. Noordeloos y E. C. Vellinga (eds.). Balkema, Rotterdam. p. 153-165.
- Bon, M. 1978. Tricholomataceae de France et d'Europe occidentale (Leucopaxilloideae). *Documents Mycologiques* 9:1-79.
- Bon, M. 1984. Combinaisons et taxons nouveaux. *Documents Mycologiques* 14:6.
- Bon, M. 1991. Flore mycologique d'Europe 2. Les Tricholomes et ressemblants. *Documents Mycologiques. Mémoire hors série No. 2*. CRDP de l'Académie d'Amiens, Francia. 154 p.
- Corona, A. M., Toledo, V. H. y J. J. Morrone. 2007. Does the Trans-mexican Volcanic Belt represent a natural biogeographical unit? An analysis of the distributional patterns of Coleoptera. *Journal of Biogeography* 34:1008-1015.
- Courtecuisse, R. y J. Pfister. 1984. Notes de nomenclature concernant les hyménomycètes. Sur quelques épithètes spécifiques préoccupées, II. *Documents Mycologiques* 14:93-100.
- Felsenstein, J. 1985. Confidence limits on phylogenies: an approach using the bootstrap. *Evolution* 39:783-791.
- Fisher. 2000. Phylogenetic species recognition and species concepts in fungi. *Fungal Genetics and Biology* 31:21-32.
- Fontenla, R., M. Gottardi y R. Para. 2003. Osservazioni sul genere *Melanoleuca*. *Fungi non Delineati Pars XXV*. Edizioni Candusso, Alassio. 112 p.
- Frutis, I. y G. Guzmán. 1983. Contribución al conocimiento de los hongos del estado de Hidalgo. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología* 18:219-266.
- Gardes, M. y T. D. Bruns. 1993. ITS primers with enhanced specificity for basidiomycetes—application to the identification of mycorrhizae and rusts. *Molecular Ecology* 2:113-118.
- Garnica S., M. Weiss, G. Walther y F. Oberwinkler. 2007. Reconstructing the evolution of agarics from nuclear gene sequences and basidiospore ultrastructure. *Mycological Research* 111:1019-1029.
- Gillman, L. S. y O. K. Miller. 1977. A study of the boreal, alpine and arctic species of *Melanoleuca*. *Mycologia* 69:927-951.
- Gouy, M., S. Guindon y O. Gascuel. 2010. SeaView version 4: a multiplatform graphical user interface for sequence alignment and phylogenetic tree building. *Molecular Biology and Evolution* 27:221-224.

- Guzmán, G. 1972. Algunos macromicetos, líquenes y mixomicetos importantes en la zona del volcán Popocatepetl (Amecameca-Tlamacas, México). In Guías botánicas de excursiones en México. I Congreso Latinoamericano de Botánica y V Congreso Mexicano de Botánica, 3-9 diciembre. México, D. F., p. 17-44.
- Guzmán, G. 1982. New species of fungi from the Yucatan Peninsula. *Mycotaxon* 16:249-261.
- Guzmán, G. 1983. Los hongos de la Península de Yucatán, II. Nuevas exploraciones y adiciones micológicas. *Biotica* 8:71-100.
- Guzmán, G. 1986. Distribución de los hongos en la región del Caribe y zonas vecinas. *Caldasia* 15:103-120.
- Herrera, T. y G. Guzmán. 1961. Taxonomía y ecología de los principales hongos comestibles de diversos lugares de México. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica* 32:33-135.
- Hibbett, D. S., E. M. Pine, E. Langer, G. Langer y J. Donoghue. 1997. Evolution of gilled mushrooms and puffballs inferred from ribosomal DNA sequences. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 94:12002-12006.
- Horak, E. 2005. *Röhrlinge und Blätterpilze in Europa*. Elsevier Spektrum. Munich. 557 p.
- Hughes, K. W., R. H. Petersen, J. L. Mata, N. Psurtseva, A. Kovalenko, O. Morosova, E. Lickey, J. Cifuentes, D. Lewis, E. Nagasawa, R. E. Halling, S. Takehashi, M. C. Aime, T. Baull y T. Henkel. 2007. *Megacollybia* (Agaricales). Report of the Tottori Mycological Institute 45:1-57.
- Justo, A., A. Vizzini, A. M. Minnis, N. Menolli Jr., M. Capelari, O. Rodríguez, E. Malysheva, M. Contu, S. Ghignone y D. S. Hibbett. 2011. Phylogeny of the Pluteaceae (Agaricales, Basidiomycota): taxonomy and character evolution 115:1-20.
- Katoh, K. y H. Toh. 2008. Recent developments in the MAFFT multiple sequence alignment program. *Briefings in Bioinformatics* 9:286-298.
- Kirk, P. M., P. F. Cannon, J. C. David y J. A. Stalpers. 2008. *Ainsworth y Bisby's dictionary of the Fungi*. CAB International, Wallingford. 650 p.
- Kornerup, A. y J. H. Wanscher. 1978. *Methuen handbook of colour*. Eyre Methuen, London. 252 p.
- Kühner, R. 1978. Agaricales de la zone alpine. *Genre Melanoleuca* Pat. Bulletin de la Société Linneenne de Lyon 47:12-52.
- Largent, D., D. Johnson, y R. Watling. 1977. How to identify mushrooms to genus, III. Microscopic features. Mad River Press, Eureka. 148 p.
- Lim, S. R., A. Fischer, M. Berbee y S. M. Berch. 2003. Is the booted *Tricholoma* in British Columbia really Japanese matsutake? *BC Journal of Ecosystems and Management* 3.
- Liu, Y. L., S. Whelen y B. D. Hall. 1999. Phylogenetic relationships among ascomycetes: evidence from an RNA polymerase II subunit. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 16:1799-1808.
- Maddison, W. P. 1995. Calculating the probability distribution of ancestral states reconstructed by parsimony on phylogenetic trees. *Systematic Biology* 44:474-481.
- Maddison, D. R. y W. P. Maddison. 2005. *MacClade 4.08: Analysis of phylogeny and character evolution*. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts.
- Martín del Campo, R. 1968. Contribución al conocimiento de la nomenclatura micológica náhuatl. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología* 2:25-36.
- Martínez-Alfaro, M., E. Pérez-Silva y E. Aguirre-Acosta. 1983. Etnomicología y exploraciones micológicas en la Sierra Norte de Puebla. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología* 18:51-64.
- Matheny P. B., J. M. Curtis, V. Hofstetter, M. C. Aime, J. M. Moncalvo, Z. Ge, Z. Yang, J. C. Slot, J. F. Ammirati, T. J. Baroni, N. L. Bougher, K. W. Hughes, D. J. Lodge, R. W. Kerrigan, M. T. Seidl, D. K. Aanen, M. DeNitis, G. M. Daniele, D. E. Desjardin, B. R. Kropp, L.L. Norvell, A. Parker, E. C. Vellinga, R. Vilgalys y D. S. Hibbett. 2006. Major clades of Agaricales: a multilocus phylogenetic overview. *Mycologia* 98:982-995.
- Matheny, P. B. y E. C. Vellinga. 2009. A North American flora for mushroom-forming Fungi. *Inoculum* 60:28-29.
- Mendiola, G. 1974. Estudio taxonómico y datos ecológicos de algunas especies mexicanas de los hongos de la familia Tricholomataceae. Tesis, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional. México, D. F. 116 p.
- Moncalvo, J. M., R. Vilgalys, S. A. Redhead, J. E. Johnson, T. Y. James, M. C. Aime, V. Hofstetter, S. Verduin, E. Larsson, T. J. Baroni, R. J. Thorn, S. Jacobson, H. Clémenceon y O. Miller Jr. 2002. One hundred and seventeen clades of euagarics. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 23:357-400.
- Morrone, J. J. 2005. Hacia una síntesis biogeográfica en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 76:207-252.
- Murrill, W. A. 1911. Illustrations of Fungi: IX. *Mycologia* 3:165-169.
- Murrill, W. A. 1914. *Melanoleuca*. *North American Flora* 10:3-32.
- Nilsson, R. H., E. Kristiansson, M. Ryberg y N. Hallenberg. 2008. Intraspecific ITS variability in the Kingdom Fungi as expressed in the international sequence databases and its implications for molecular species identification. *Evolutionary Bioinformatics* 4:193-201.
- Pegler, D. N. 1977. A preliminary agaric flora of east Africa. *Kew Bulletin Additional Series* 7:1-615.
- Pérez-Silva, E. y E. Aguirre-Acosta. 1985. Micoflora del estado de Durango, México. *Revista Mexicana de Micología* 1:315-330.
- Pérez-Silva, E. y E. Aguirre-Acosta. 1986. Macromicetos de zonas urbanas de México 1, Área Metropolitana. *Revista Mexicana de Micología* 2:187-196.
- Pérez-Silva, E., M. Esqueda, T. Herrera y M. Coronado. 2006. Nuevos registros de Agaricales de Sonora, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 77:23-33.
- Petersen, R. H. y K. W. Hughes. 1999. Species and speciation in mushrooms. *Bioscience* 49:281-313.
- Pfister, J. 1984. Studies of Peck and Murrill types belonging or once belong to the genus *Melanoleuca*. *Mycotaxon*

- 19:101-132.
- Sánchez-Jácome, M. R. y L. Guzmán-Dávalos, 2011. Hongos citados para Jalisco, II. Ibugana 16:25-60.
- Sánchez-León, V. M. 1961. Contribución al conocimiento físicoquímico de los suelos forestales del Parque Nacional Insurgente Miguel Hidalgo, Estado de México. Tesis, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional, México, D. F. 179 p.
- Schuh, R. T. 2000. Biological Systematics: principles and applications. Cornell University Press, Ithaca, New York. 256 p.
- Singer, R. 1986. The Agaricales in modern taxonomy. Cuarta ed., Koeltz Scientific Books, Koenigstein. 981 p.
- Singer, R. 1989. New taxa and new combinations of Agaricales. Fieldiana Botany 21:20.
- Smith, A. H. 1944. New North American agarics. Mycologia 36:242-262.
- Smith, A. H. y P. H. Rea. 1944. Fungi of Southern California II. Mycologia 36:125-137.
- Stamatakis, A. 2006a. RAxML-VI-HPC: Maximum likelihood-based phylogenetic analyses with thousands of taxa and mixed models. Bioinformatics 22:2688-2690.
- Stamatakis, A. 2006b. Phylogenetic models of rate heterogeneity: a high performance computing perspective. In Proceedings of IPDPS2006, Rhodos, Greece.
- Stamatakis, A. The RAxML 7.0.4 Manual. The Exelixis Lab. <http://sco.h-its.org/exelixis/oldPage/RAxML-Manual.7.0.4.pdf>; última consulta: 28.VII.2012.
- Taylor, J. W., D. J. Jacobson, S. Kroken, T. Kasuga, D. M. Geiser, D. S. Hibbett y M. C. Thiers, H. D. 1958. The agaric flora of Texas. II. New taxa of white and pink spored agarics. Mycologia 50:514-523.
- Valdés-Ramírez, M. 1972. Micoflora of a coniferous forest of Mexican basin. Plant and Soil 36:31-38.
- Vellinga, E. C., R. P. J. de Kok y T. D. Bruns. 2003. Phylogeny and taxonomy of *Macrolepiota* (Agaricaceae). Mycologia 95:442-456.
- Vesterholt, J. 2008. *Melanoleuca*. In Funga Nordica, agaricoid, boletoid and cyphelloid genera, H. Knudsen y J. Vesterholt (eds.). Narayana Press, Copenhagen. p. 347-352.
- Vilgalys, R. y M. Hester. 1990. Rapid genetic identification and mapping of enzymatically amplified ribosomal DNA from several *Cryptococcus* species. Journal of Bacteriology 172:4238-4246.
- Villaseñor, J. L. y E. Ortiz. 2007. La familia Asteraceae. In Biodiversidad de la faja Volcánica Transmexicana, I. Luna, J. J. Morrone y D. Espinosa (eds.). Universidad Nacional Autónoma de México, México D. F. p. 289-310.
- Vizzini, A., M. Zotti y A. Mello. 2009. Alien fungal species distribution: the study case of *Favolaschia calocera*. Biological Invasions 11:417-429.
- Watling, R. y E. Turnbull. 1998. Cantharellaceae, Gomphaceae and amyloid-spored and xeruloid members of Tricholomataceae (excl. *Mycena*). In British Fungus Flora. Agarics and Boleti: Part 8, D. M. Henderson, P. D. Orton y R. Watling (eds.). Royal Botanic Garden, Edimburgo. p. 54-77.
- White, T. J., T. Bruns, S. Lee, y J. Taylor. 1990. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. In PCR Protocols: a guide to methods and applications, M. A. Innis, D. H. Gelfand, J. J. Snisky y T. J. White (eds.). Academic Press, Nueva York. p. 315-322.
- Zarco, J. 1986. Estudio de la distribución ecológica de los hongos (principalmente macromicetos) en el Valle de México, basado en los especímenes depositados en el Herbario ENCB. Revista Mexicana de Micología 2:41-72.