

NOTA CIENTÍFICA

Primer registro de la familia Morchellaceae (Ascomycota: Pezizales) para Colombia

First report of family Morchellaceae (Ascomycota: Pezizales) for Colombia

César Augusto Pinzón-Osorio ^{1*}, Jonás Pinzón-Osorio ²

1 Herbario Universidad Pedagógica Nacional UPN. Línea de Investigación Enseñanza y Aprendizaje de la Botánica. Departamento de Biología. Facultad de Ciencia y Tecnología, (UPN), sede Bogotá. Colombia. Calle 72 No. 11-86.

2 Program Human Ecology. Bachelor of Science. College of the Atlantic. COA. Maine. U.S.A. 105 Eden Street. Bar Harbor, ME 04609.

* Autor para correspondencia.

Email César Augusto Pinzón-Osorio: capinzono@unal.edu.co.

Email Jonás Pinzón-Osorio: jpinzonosorio@coa.edu

Resumen

Se registra por primera vez al género *Morchella* Dill. ex Pers. (Ascomycota, Pezizales), único representante de la familia Morchellaceae para la micobiota Colombiana. El ascocarpo fue recolectado en un bosque muy húmedo premontano, en la vereda Santa Helena, municipio de Gachalá, departamento de Cundinamarca. El espécimen es descrito e ilustrado con fotografías y se aporta información sobre su distribución, ecología y sustrato de crecimiento. La identidad taxonómica del ejemplar es discutida de acuerdo al concepto morfológico tradicional establecido en la literatura micológica. Con este reporte, en Colombia el orden Pezizales queda constituido por 17 especies contenidas en 12 géneros y 7 familias.

Palabras clave: Ascomycota; Colombia; *Morchella*; Taxonomía; Pezizales.

Abstract

The genus *Morchella* Dill. ex Pers. (Ascomycota, Pezizales) is registered for the first time as the only representative of the Morchellaceae family for the Colombian mycobiota. The ascocarp was collected in a cloud montane forest, in the village of Santa Helena, municipality of Gachalá, department of Cundinamarca. The specimen is described and illustrated with photographs, and information on distribution, ecology and growth substrate is provided. The taxonomic identity of the specimen is discussed according to the traditional morphological concept established in the mycological literature. With this report, the order Pezizales in Colombia is constituted by 17 species contained in 12 genera and 7 families.

Keywords: Ascomycota; Colombia; *Morchella*; Taxonomy; Pezizales.

Citación:

Pinzón-Osorio C.A., J. Pinzón-Osorio. 2017. Primer registro de la familia Morchellaceae (Ascomycota: Pezizales) para Colombia. Revista peruana de biología 24(1): 105 - 110 (Marzo 2017). doi: <http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v24i1.12481>

Presentado: 20/09/2016

Aceptado: 21/03/2017

Publicado online: 07/04/2017

Información sobre los autores:

CPO tomo las fotografías y realizó la recolección del ascocarpo y la descripción macro y microscópica. CPO y JPO analizaron los datos de campo y laboratorio. CPO y JPO redactaron el manuscrito.

Los autores no incurren en conflictos de intereses.

Journal home page: <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/rpb/index>

© Los autores. Este artículo es publicado por la Revista Peruana de Biología de la Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>), que permite el uso no comercial, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citadas. Para uso comercial, por favor póngase en contacto con editor.revperubiol@gmail.com.

Introducción

Colombia es uno de los dos países con mayor biodiversidad en el mundo (Rangel 2015). Con una historia geológica y climática compleja, un gradiente altitudinal y fisiográfico producto del desarrollo de la Cordillera de los Andes, Colombia promete una gran riqueza fúngica (Franco-Molano & Uribe-Calle 2000). Hasta la fecha se reportan aproximadamente 1266 especies de hongos en el país (Soto-Medina & Bolaño-Rojas 2013, Vasco-Palacios & Franco-Molano 2013, Palacio et al. 2015, Lombana-Álvarez et al. 2016, Pinzón-Osorio et al. 2017) contenidas en 105 familias (Vasco-Palacios & Franco-Molano 2013). No obstante, los estudios micológicos siguen siendo insuficientes.

La familia Morchellaceae, descrita por Rehb. (1834) pertenece al phylum Ascomycota, orden Pezizales (Hibbett et al. 2007). Está constituida por los géneros *Verpa* Sw. (1815), *Disciotis* Boud. (1885), *Morchella* Dill. ex Pers., (1794) (O'Donnell et al. 2011) y se le reconoce su estado monofiletico (O'Donnell et al. 1997, Hansen & Pfister 2006, Pildain et al. 2014).

El género *Morchella* comprende especies conocidas como colmenillas o morillas (Guzmán & Tapia 1998), muchas de las cuales son comestibles a nivel mundial (Molina et al. 1993, Alexopoulos et al. 1996, Boa 2004, Pilz et al. 2007, Alvarado-Castillo et al. 2012). Todas se caracterizan por presentar ascocarpos estípidados, huecos (Janex-Favre et al. 1998), píleos multialveolados (Hernández-Salmerón et al. 2013), apotecios pedunculados con una superficie himenial interrumpida por crestas que dan una apariencia de panal (Pfister 2015). Cada alveolo se reviste de ascas y paráfisis, estas últimas constituyen las crestas que son estériles (Janex-Favre et al. 1998). Microscópicamente, presentan ascas cilíndricas fototrópicas que se dirigen hacia la apertura de los alveolos, donde cada asca contiene ocho ascosporas unicelulares que carecen de pared gruesa, ornamentación o gotas de aceite interno (Volk & Leonard 1990, Pilz et al. 2007, Webster & Weber 2007, Pfister 2015).

Los estudios filogenéticos de Du et al. (2015) y Voitk et al. (2016) demuestran la existencia de 67 especies, que se organizan en los clados Esculenta, Elata y Rufobrunnea (O'Donnell et al. 2011). No obstante, aún falta comprender la biología, taxonomía y distribución del grupo (Kuo et al. 2012). En este último aspecto, la familia ha sido registrada en el continente Europeo (Svrček 1983, Chandra 1989, Kreisel 2005), en Asia (Hall et al. 2003, Kreisel 2005), Medio Oriente (Goldway et al. 2000), Australia (Faris et al. 1996), también se ha encontrado en Estados Unidos de América (Arora 1986, Kuo 2005), México (Guzmán 1987, Guzmán & Tapia 1998, Montoya et al. 2003), Costa Rica (Calonge et al. 2003) y Guatemala (Guzmán-Dávalos & Rodríguez-Alcantar 1993, Guzmán & Tapia 1998). En América del Sur, esta familia solamente ha sido registrada para Venezuela (Guariglia 1987), Argentina (Gamundí et al. 2004, Wright & Alberto 2006), Chile (Gamundí et al. 2004), Brasil (Cortez et al. 2004) y Perú (Trutmann & Luque 2012).

Para Colombia no existe informe previo de algún representante de la familia Morchellaceae, por lo tanto, el objetivo del presente artículo es documentar al género *Morchella* como primer representante de la familia, proporcionando un nuevo registro para la micota de Colombia y ampliando la distribución geográfica de la familia en Suramérica.

Materiales y métodos

Sitio de recolección.- El área de estudio se localiza en la vereda Santa Helena, municipio de Gachalá, a 1900 m de altitud, coordenadas 04° 40' 34.88"N y 73°30'09.83"W. El municipio se ubica al suroriente del departamento de Cundinamarca, a 142 km de Bogotá, Colombia. Con una temperatura y precipitación promedio anual de 18.7 °C y 2784 mm respectivamente, el área muestreada corresponde a un bosque muy húmedo premontano (bmh-PM) de acuerdo al esquema de clasificación de zonas de vida de Holdridge (1971).

Recolecta y determinación.- Aplicando un muestreo oportunístico a través del sendero establecido dentro del bosque, el ascocarpo fue fotografiado con cámara digital (Nikon Coolpix P530), colectado, descrito y analizado macroscópicamente de acuerdo a Weber (1995) y Lodge et al. (2004). Todos los colores registrados se basaron en Kornerup & Wanscher (1983). La colección se deshidrató a 40 °C, se depositó en papel parafinado y bolsas plásticas para su posterior estudio microscópico.

Para la evaluación microscópica se realizando cortes a mano alzada del ascocarpo en estereoscopio AmScope SE305R-PZ. Las estructuras se observaron en microscopio de luz Olympus CX3 y DMS 653 (sistema digital) y se midieron con micrómetro a (100X) previa aplicación de los reactivos KOH (5%), Azul de Cresil Brillante, Azul de Algodón, Lugol y Rojo Congo, como lo sugieren Chen & Liu (2005) y Kuo et al. (2012). La estadística de las ascosporas incluyó las siguientes abreviaturas: (n) que correspondió al número de esporas medidas al azar, (x) media, (\pm) desviación estándar del diámetro y altura de las ascosporas y (Q_m) cociente de la longitud/anchura media.

Para la determinación taxonómica se privilegió la taxonomía morfológica utilizando los trabajos de Smickaya (1980), Dennis (1981), Breitenbach & Kränzlin (1984), Arora (1986), Guzmán (1987), Hanlin & Hahn (1990), Ellis & Ellis (1998), Calonge (2003), Barseghyan & Wasser (2008), Kuo et al. (2012) y Hernández-Salmerón et al. (2013). El ascocarpo se depositó en el Herbario de la Universidad Pedagógica Nacional, sede Bogotá, Colombia, con datos exactos que incluyen: determinación, localidad, fecha, colector y número de colección (Franco-Molano et al. 2000). La citación del género corresponde a la información aportada por el sistema de clasificación Index Fungorum (<http://www.indexfungorum.org>).

Resultados

Morchella Dill. ex Pers.

Neues Mag. Bot. 1: 116 (1794)

Figura 1

Ascocarpo: 8.0 cm de alto, 4.5 cm de ancho. **Himenóforo:** 3.7 x 4.9 cm, estrecho, cónico a subcónico, crestas longitudinales serpenteantes, bien definidas, algunas ligeramente diagonales, de hasta 1.0 mm de grosor y 3.0 mm de profundidad, crestas transversales menores a 1.0 mm de grosor, más profundas y menos desarrolladas que las longitudinales, en algunas áreas ausentes, muy tomentoso; superficie lisa a levemente viscosa, glabra, con algunas áreas erosionadas, color amarillo azufrado (5A) a amarillo grisáceo (7A) con crestas más oscuras, gris amarillentas (7A) a rosa pálido amarillento (6B). **Contexto:** menos de 1.0 mm de grosor, blanquecino, elástico, hueco, superficie

fina, frágil, lisa a irregular, blanco a gris amarillentas (7A). **Estípite:** 3.8 mm de alto x 3.0 mm de grosor, hueco, cilíndrico, ligeramente subclavado hacia la base, pliegues longitudinales sobre toda la superficie, con irregularidades de tipo rugoso en la base; superficie quebradiza, de consistencia cartilaginosa, color blanquecino crema (3A) a amarillo claro (4A) (Figura 1A, B y C). **Olor:** tierra, fungoso. **Sabor:** no registrados. **Ascosporas:** 19.7 – 23.1 x 11.9 – 14.4 μm [$x = 21.7 \pm 0.5$ x 14 ± 0.5 μm , $Q_m = 1.6$, $n = 41$], elípticas a ovoides, lisas, con contenido homogéneo, pared delgada, hialinas a amarillo claro, inamiloides (Figura 1D). **Ascas:** 229–297 x 16.1 – 19.3 μm , conteniendo 8 ascosporas (Figura 1E y F). **Paráfisis:** 75 – 110 μm x 8.9 – 15 μm , cilíndricos, ligeramente ensanchados en el ápice, delgados hacia la base, ligeramente claviformes, hialinos, simples, con septos en la base (Figura 1G).

Hábito y hábitat: solitario sobre tierra húmeda. El género es principalmente saprófito, sin embargo, se ha registrado también como micorriza (Buscot 1994, Du et al. 2015). De acuerdo a los hallazgos en la zona evaluada, el ascocarpo estableció relaciones ecológicas de tipo saprofito, creciendo en áreas perturbadas por actividad antrópica, aspecto que ha sido reportado para el grupo en otras zonas del mundo (Winder 2006). No obstante, en necesario extender los periodos de muestreo durante los diferentes meses del año para confirmar esta información.

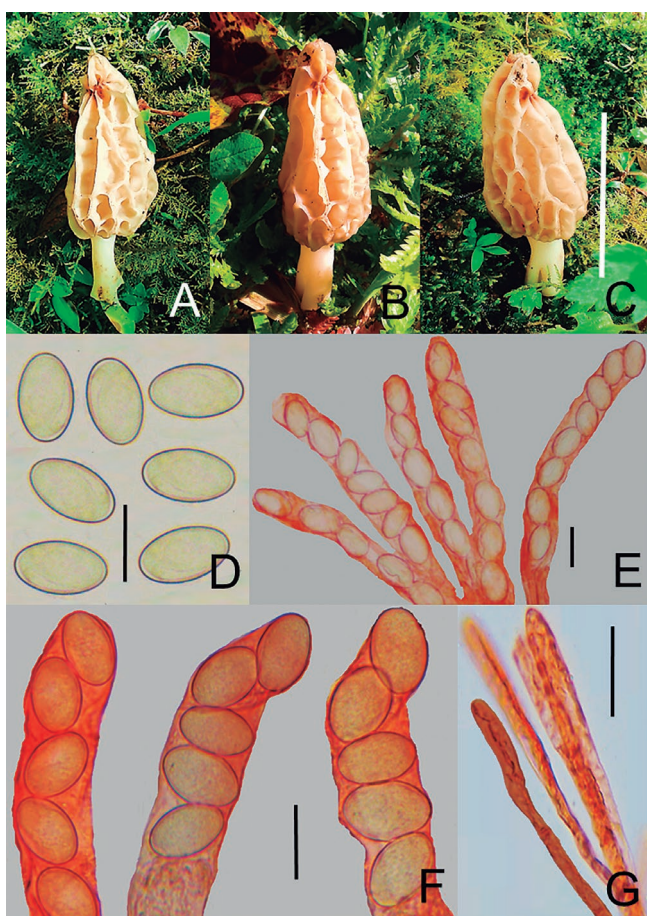


Figura 1. Registro fotográfico macroscópico y microscópico de *Morchella* sp. (A) (B) (C) Perfiles del ascocarpo, barra blanca 5.0 cm. (D) Ascosporas. (E) Ascas teñidas con Rojo Congo. (F) Detalle de las ascas conteniendo ascosporas teñidas con Rojo Congo. (G) Paráfisis teñidas con Rojo Congo, barra negra 10 μm .

Material examinado: COLOMBIA, Cundinamarca, Gachalá, vereda Santa Helena. 04°40'34.88"N y 73°30'09.83"W. 1900 m.s.n.m. (2 Agosto-2015) C. Pinzón-O. 230. Depositado (HUPN).

Uso tradicional o práctico: la población de la zona no reporta su uso. Sin embargo, los hongos del género *Morchella* tienen gran importancia económica y son objeto de comercialización por sus cualidades nutricionales (Brock 1951, Robbins & Hervey 1959, Robbins & Hervey 1965, Volk & Leonard 1989, Montoya et al. 2003, Montoya et al. 2004, Masaphy et al. 2009, Hernández-Salmerón et al. 2013). Se ha informado su consumo en 28 países de diferentes zonas del mundo (Boa 2004), por lo que no se descarta que en el futuro, este grupo sea utilizado en Colombia en el ámbito gastronómico y agroproductivo.

Distribución: La familia Morchellaceae se ha registrado ampliamente en el mundo, hallándose generalmente en la región Holártica (Svrček 1983, Arora 1986, Chandra 1989, Hall et al. 2003, Kreisel 2005, Kuo 2005, Du et al. 2012). En Suramérica se ha reportado en Venezuela (Guariglia 1987), Argentina (Gamundí et al. 2004, Wright & Alberto 2006), Chile (Gamundí et al. 2004), Brasil (Cortez et al. 2004) y Perú (Trutmann & Luque 2012). En esta ocasión, se registra por primera vez para Colombia, con el género *Morchella*.

Observaciones taxonómicas: Las descripciones macroscópicas y microscópicas concuerdan muy bien con la delimitación taxonómica del género *Morchella*. El género ha sido descrito ampliamente por Smith et al. (1981), Jacquetant (1984), Arora (1986), Weber (1988) y Hanlin & Hahn (1990). Morfológicamente se delimita por presentar ascocarpos estípidos, huecos, píleos multialveolados, apotecios pedunculados con una superficie himenial interrumpida por crestas que conforman alveolos con apariencia de panal (Janex-Favre et al. 1998, Hernández-Salmerón et al. 2013, Pfister 2015). A nivel microscópico, desarrollan ascas cilíndricas que contienen ocho ascosporas unicelulares que carecen de pared gruesa, ornamentación o gotas de aceite interno (Volk & Leonard 1990, Pilz et al. 2007, Webster & Weber 2007, Pfister 2015).

La identidad del espécimen, basada en las características morfológicas descritas por Dennis (1981), Breitenbach & Kränzlin (1984) y Barseghyan & Wasser (2008) coincide con *Morchella elata* Fr., (1822), sin embargo, la coloración del píleo no se mostró grisáceo marrón sobre las crestas. Este aspecto pudo deberse a que el ascocarpo era aún joven al momento de ser colectado.

De acuerdo a Smickaya (1980), Dennis (1981), Breitenbach & Kränzlin (1984), Ellis & Ellis (1998), y Barseghyan & Wasser (2008), *M. elata* puede presentar variaciones importantes en su morfología y en las dimensiones macroscópicas y microscópicas. No obstante, se le puede diferenciar en la mayoría de los casos por las características macroscópicas (Barseghyan & Wasser 2008). Así, la interpretación taxonómica de esta especie, sustentada en ascocarpos con himenóforo estrechamente cónico, crestas longitudinales rectas, bien definidas y anastomosis transversales poco desarrolladas, profundas y mal definidas, se han mantenido (Barseghyan & Wasser 2008), siguiendo el concepto morfológico tradicional de las Morillas negras que distinguen al grupo *elata* (Guzmán 1987, Kuo 2005, Kuo et al. 2012). Lo que concuerda muy bien con la descripción aquí reportada.

Algunos taxónomos han considerado a *M. elata* sinónimo o parte del complejo de especies o subespecies que comprenden a *Morchella angusticeps* Peck., y *Morchella conica* Pers., (Bunyard et al. 1995, Wipf et al. 1999), por lo que morfológicamente se pueden confundir. Sin embargo, *M. elata* se diferencia de *M. angusticeps* porque esta última presenta ascocarpos menores a 8 cm de alto, con crestas longitudinales gruesas y alvéolos elongados (Calonge et al. 2003), himenóforos estrechamente cónicos de color gris oscuro durante todo su desarrollo (Hernández-Salmerón et al. 2013), además muestra esporas más pequeñas que *M. elata* (Weber 1995). *M. conica* exhibe himenóforos cónicos con bases de igual diámetro que los estípites (Calonge et al. 2003), ápices obtusos, con crestas longitudinales paralelas delgadas que conforman alveolos irregulares (Hernández-Salmerón et al. 2013). *Morchella esculenta* Fr., también podría generar confusión, pero esta se distingue por presentar himenóforos globosos (Ji-Yue & Pei-Gui 2005), constituidos por alveolos anchos, bien definidos (Calonge et al. 2003), con crestas irregulares (Hernández-Salmerón et al. 2013).

Discusión

El género *Morchella* es considerado uno de los grupos taxonómicamente problemáticos dentro del orden Pezizales, debido a que integra especies con alta variabilidad en la forma y el color de los ascocarpos (Bresinsky & Stangl 1961, Bresinsky et al. 1972, Pilz et al. 2007, Du et al. 2015, Richards et al. 2015, Barseghyan et al. 2011) siendo microscópicamente similares (Barseghyan & Wasser 2008). Por lo tanto, por encima del nivel taxonómico de especie, la identidad del grupo no es controvertida, pero el nivel de especie es ampliamente discutido, dado el alto polimorfismo (Weber 1995).

Si bien, las características morfológicas del ascocarpo colombiano coinciden con lo reportado por Barseghyan & Wasser (2008) para *M. elata*, el hallazgo de un solo ejemplar, sumado a que el género tiene una variabilidad morfológica muy amplia, impiden reconocer a cabalidad la identidad del espécimen recolectado. Por lo tanto, dado los recientes avances en la comprensión filogenética, taxonómica y de las relaciones biogeográficas del género *Morchella* (Weber 1995, Kuo 2005, O'Donnell et al. 2011, Du et al. 2012, Kuo et al. 2012), Richards et al. 2015), la inclusión de pruebas moleculares en Colombia es necesario para esclarecer la identidad del grupo. Como lo señala Richard et al. (2015) la posición taxonomía de *M. elata* debe ser estudiada.

Teniendo en cuenta las características del lugar rastreado en Colombia, localizado a 1900 m de altitud, cordillera Oriental de los Andes, donde la vegetación se encuentra representada principalmente por *Salix humboldtiana* Willd., *Cassia viarum* Little., *Clusia multiflora* Kunth., *Tibouchina lepidota* Bonpl. Baill., y *Ochroma pyramidale* Cav. ex Lam. Urb., especies capaces de proliferar en zonas de alta montaña con importantes grados de intervención por quema de suelos, ganadería y agricultura, indicarían que el ejemplar colectado hace parte del grupo Elata.

Lo anterior se sustenta en los hallazgos de Pildain et al. (2014) y Du et al. (2015) quienes indican que el clado Elata se encuentra típicamente en bosques de coníferas y bosques templados de montaña, e incluye especies con gran capacidad de adaptación a hábitats perturbados por actividad antrópica (Winder 2006). En el hemisferio norte, se ha reportado su fructificación después de incendios forestales (Pilz et al. 2007,

Greene et al. 2010, Keefer et al. 2010, Du et al. 2015), aspecto que no comparte el clado Esculenta (O'Donnell et al. 2011, Du et al. 2012). Adicionalmente Du et al. (2015) encontró que las especies incluidas en el grupo Elata son capaces de adaptarse a bajas temperaturas, por lo que se distribuyen preferentemente en altitudes superiores a los 2000 m de altitud mientras que el clado Esculenta prolifera principalmente por debajo de 1200 m. Estas condiciones explicarían por qué las especies del grupo Elata poseen una mayor distribución geográfica, al tolerar mejor ambientes con bajas temperaturas (Svenning 2003, Pildain et al. 2014, Du et al. 2015).

Morchella es considerado un género principalmente de la región Holártica (Du et al. 2012) y no se conoce cómo llegó a Colombia. Posiblemente su presencia pueda deberse a actividades antrópicas que lo han movilizadas, como ya se ha comprobado en otras zonas del mundo (Winder 2006).

En conclusión, en Colombia el orden Pezizales queda representado por 17 especies contenidas en 12 géneros y 7 familias, convirtiéndose *M. elata*, de acuerdo a los hallazgos taxonómicos de morfología tradicional, en la primera especie que representa a Morchellaceae en el país. Además, se amplían la distribución de la familia para los Andes Colombianos. Es necesario evaluar la filogenia, ciclo de vida, estrategias reproductivas, ecología, fuentes de nutrientes y la fenología del grupo. Por lo tanto, se deben aumentar las exploraciones micológicas en Colombia, así, mayor cantidad de nuevos representantes serán registrados y nuevas distribuciones serán conocidas.

Agradecimientos

Los autores agradecen la colaboración de Edwin Alejandro López Casas y Julio Mario Salazar, quienes amablemente permitieron la realización del presente estudio en sus predios. A la licenciada Andrea Castiblanco Zerda, al herbario del Departamento de Biología de la Universidad Pedagógica Nacional y a los evaluadores por los comentarios críticos al manuscrito. Este trabajo está dedicado a la memoria de María Angélica Agudelo.

Literatura Citada

- Alexopoulos C.J., C.W. Mims, & M. Blackwell. 1996. Introductory mycology. 4th Edition. Wiley. New York.
- Alvarado-Castillo G., G. Mata, A. Pérez-Vázquez, et al. 2012. Formación de esclerocios en *Morchella esculenta* y *M. conica*, in vitro. *Rev. Mex. Mic* 35:35-41.
- Arora D. 1986. *Mushroom Demystified: A Comprehensive Guide to the Fleshy Fungi*. Ten Speed Press. Berkeley.
- Barseghyan G.S., & S.P. Wasser. 2008. New species of operculate discomycetes (Ascomycota, Pezizomycete) for Israeli mycobiota. *Mycotaxon* 103:127-136.
- Barseghyan G.S., A. Kosakyan, S.I. Omoanghe, D. Maryna, & P.W. Solomon. 2011. Phylogenetic Analysis within Genera *Morchella* (Ascomycota, Pezizales) and *Macrolepiota* (Basidiomycota, Agaricales) Inferred from nrDNA ITS and EF-1a Sequences. In: Misra J.K., J. P. Tewari, & S. K. Deshmukh, Editors. *Systematics and Evolution of Fungi*. CRC Press. Taylor & Francis Group. pp 159-205.
- Boa E. 2004. *Wild Edible Fungi: A Global Overview of Their Use and Importance to People*. Rome: FAO. 160 p.
- Bresinsky A., W. Glaser, & J. Stangl. 1972. Untersuchungen zur Sippenstruktur der Morchellaceen. *Berichte der Bayerischen Botanischen Gesellschaft* 43:127-143.
- Bresinsky A. & J. Stangl. 1961. Zur Artabgrenzung innerhalb der Gattung *Morchella*. *Z. Pilzkd.* 27:102-110.
- Breitenbach J. & F. Kränzlin. 1984. *Fungi of Switzerland*. Vol. 1. Ascomycetes. Verlag Mykologia. Lucerne.

- Brock T.D. 1951. Studies on the Nutrition of *Morchella esculenta* Fries. *Mycologia* 43(4):402-422. <https://doi.org/10.2307/3755649>
- Bunyard B., M. Nicholson, & D. Royle. 1995. Phylogenetic resolution of *Morchella*, *Verpa*, and *Disciotis* [Pezizales: Morchellaceae] based on restriction enzyme analysis of the 28S ribosomal RNA gene. *Exp. Mycol.* 19:223-233. <https://doi.org/10.1006/emyc.1995.1027>
- Buscot F. 1994. Ectomycorrhizal types and endobacteria associated with ectomycorrhizas of *Morchella elata* (Fr.) Boudier with *Picea abies* (L.) Karst. *Mycorrhiza*. 4:223-232. <https://doi.org/10.1007/BF00206784>
- Calonge F.D., T. Iturriaga, M. Mata & J. Carranza. 2003. Contribución al estudio de los Pezizales (Ascomycotina) de Costa Rica. *Bol. Soc. Micol. Madrid*. 27:21-32. <https://digital.csic.es/handle/10261/92300>.
- Chandra A. 1989. Elsevier's dictionary of edible mushrooms: botanical and common names in various languages of the world. Elsevier. Amsterdam.
- Chen J.Y.C. & P.G. Liu. 2005. A new species of *Morchella* (Pezizales, Ascomycota) from southwestern China. *Mycotaxon*. 93:89-93.
- Cortez G.V., G. Coelho, & T.R. Guerrero. 2004. *Morchella esculenta* (Ascomycota): uma rara espécie encontrada em Santa Maria, Rio grande do sul, Brasil. *Biociências*. 12:51-53.
- Cruz A.J. 2009. Conocimiento tradicional de los nombres de los hongos en la región mazahua de Zitácuaro, Michoacán, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 54 p.
- Dennis R.W.G. 1981. *British Ascomycetes*. A.R. Gantner Verlag K.G. Vaduz.
- Díaz-Barriga H. 1992. Hongos comestibles y venenosos de la Cuenca del Lago de Pátzcuaro, Michoacán. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Centro de Investigación y Desarrollo del Estado de Michoacán. Instituto de Ecología. México. 148 p.
- Díaz-Barriga H. 2003. Hongos macromicetos comestibles, venenosos, medicinales y destructores de la madera de la Reserva de la Biosfera de la Mariposa Monarca, Sierra Chincua, Michoacán, México. Fundación Produce Michoacán, A.C. México.
- Du X.H., Q. Zhao, K. O'Donnell, et al. 2012. Multigene molecular phylogenetics reveals true morels (*Morchella*) are especially species-rich in China. *Fungal Genet Biol.* 49:455-469. <https://doi.org/10.1016/j.fgb.2012.03.006>
- Du X.H., Q. Zhao, & Z.L. Yang. 2015. A review on research advances, issues, and perspectives of morels, *Mycology*. 6:78-85. <https://doi.org/10.1080/21501203.2015.1016561>
- Ellis M.B. & J.P. Ellis. 1998. *Microfungi on Miscellaneous substrates*. The Richmond Publishing Co Ltd. Slough.
- Faris H.A., A. Broderick, & N.G. Nair. 1996. Occurrence and Initial Observations of *Morchella* in Australia. In: Royle DJ, Editor. *Proc. 2nd Int. Conf. - World Society of Mushroom Biology and Mushroom Products*. Pennsylvania State University, EEUU. pp 393-399.
- Franco-Molano A.E., R. Gómez, & R. Halling. 2000. Setas de Colombia (Agaricales, Boletales y otros Hongos) Guía de Campo. Medellín: Colciencias. Universidad de Antioquia.
- Franco-Molano A.E. & E. Uribe-Calle. 2000. Hongos Agaricales y Boletales de Colombia. *Biota Colombiana*. 1:25-43.
- Gamundí I.J., D.W. Minter, A.I. Romero, et al. 2004. Checklist of the Discomycetes (Fungi) of Patagonia, Tierra del Fuego and adjacent Antarctic areas. *Darwiniana*. 42 (1-2):63-164.
- Greene D.F., M. Hesketh, & E. Pouden. 2010. Emergence of morel (*Morchella*) and pixie cup (*Geopyxis carbonaria*) ascocarps in response to the intensity of forest floor combustion during a wildfire. *Mycologia*. 102(4):766-773. <https://doi.org/10.3852/08-096>
- Goldway M., R. Amir, D. Goldberg, Y. Hadar & D. Levanon. 2000. *Morchella conica* exhibiting a long fruiting season. *Mycological Research* 104 (8): 1000-1004. <http://dx.doi.org/10.1017/S0953756200002598>
- Guariglia M. 1987. Primer reporte del género *Morchella* para Venezuela. *Acta Botánica Venezolánica* 15:19-21.
- Guzmán G. & F. Tapia. 1998. The known morés in México, a new blushing species, *Morchella rufobrunnea*, and new data on *M. guatemalensis*. *Mycologia*. 90:705-714. <https://doi.org/10.2307/3761230>
- Guzmán G. 1987. Identificación de los hongos comestibles, venenosos, alucinantes y destructores de la madera. Mexico: Limusa.
- Guzmán-Dávalos L. & O. Rodríguez-Alcantar. 1993. Registro de *Morchella guatemalensis* (Fungi, Ascomycotina) para Mexico. *Boletín del Instituto de Botánica Universidad de Guadalajara*. 1:471-475.
- Hall I.R., S.L. Stephenson., P.K., Buchanan, et al. 2003. *Edible and poisonous mushrooms of the world*. Timber Press. Portland.
- Hanlin R.T. & C.G. Hahn. 1990. *Illustrated genera of Ascomycetes*. St. Paul, MN: The American Pathological Society.
- Hansen K. & D.H. Pfister. 2006. Systematics of the Pezizomycetes—the operculate discomycetes. *Mycologia*. 98(6):1029-1040. <https://doi.org/10.3852/mycologia.98.6.1029>
- Hernández-Salmerón I., V.M. Gómez-Reyes, & M. Gómez-Peralta. 2013. Contribución al conocimiento del género *Morchella* (Morchellaceae: Ascomycota) para Michoacán. *Biológicas*. 15(1):11-15.
- Hibbett D., M. Binder, J.F. Bischoff, et al. 2007. A higher-level phylogenetic classification of the Fungi. *Mycological Research* 111(5):509-547. <http://dx.doi.org/10.1016/j.mycres.2007.03.004>
- Holdridge L.R., W. Grenke, W.H. Hatheway, et al. 1971. *Forest environments in tropical life zones: A pilot study*. Pergamon Press. Oxford.
- Index Fungorum. *Morchella*. The Royal Botanic Gardens Kew, CAB International. 2016. [Access 12 Febrero 2017]. Available at: <http://www.indexfungorum.org/names/names.asp>
- Jacquetant E. 1984. Les morilles. [the morels]. Piantanida. Lausanne, Switzerland.
- Janex-Favre M.C., A. Parguey-Leduc, & G. Bruxelles. 1998. L'hyménium de *Morchella deliciosa* Fr. (Ascomycètes, Discomycètes). *Cryptogamie Bryologie-Lichénologie*. 19:293-304.
- Keefer M.E., R. Winder, & T. Hobby. 2010. Commercial development of non-timber forest resources: a case study of morels in the East Kootenay, British Columbia, BC. *Journal of Ecosystems and Management* 11:39-51.
- Kornerup A. & J.H. Wanscher. 1983. *Methuen handbook of colour*. Eyre Methuen and Co Ltd. London.
- Kreisel H. 2005. Liste der ethnomykologisch und biotechnologisch relevanten Pilze. *Feddes Repertorium*. 166(5-6):339-391. <http://dx.doi.org/10.1002/fedr.200510078>
- Kuo M., D.R. Dewsbury, K. O'Donnell, M.C. Carter, S.A. Rehner, J.D. Moore, J-M. Moncalvo, et al. 2012. Taxonomic revision of true morels (*Morchella*) in Canada and the United States. *Mycologia* 104 (5): 1159-77. <http://dx.doi.org/10.3852/11-375>
- Kuo M. 2005. *Morels*. MI: University of Michigan Press. Ann Arbor. <https://doi.org/10.3998/mpub.93422>
- Largent D., D. Johnson, & R. Watling. 1984. *How to identify mushrooms to genus III: microscopic features*. Mad River Press. California.
- Larson A.J., A. Canslerb, S.G. Cowderyc. 2016. Post-fire morel (*Morchella*) mushroom abundance, spatial structure, and harvest sustainability. *Forest Ecology and Management* 377:16-25. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2016.06.038>
- Lodge D.J., J. Ammirati, T.E. O'Dell, & G.M. Mueller. 2004. Collecting and describing macrofungi. In: Mueller GM, Bills GF, Foster MS, Editors. *Biodiversity of Fungi: Inventory and Monitoring Methods*. Academic Press. New York. 123-168.
- Lombana-Álvarez P., J.A. Monterroza-Álvarez, L.F. Chamorro-Quiroz, et al. 2016. Nuevos registros de macromicetos para Colombia. *Actualidades Biológicas* 38(105):181-189.
- Masaphy S., L. Zabari, G. Gander-Shagug. 2009. *Morchella conica* proliferation in post-fire forests following forest management activities in northern Israel. *Israel Journal of Plant Sciences* 56(4):315-319. <https://doi.org/10.1560/IJPS.56.4.315>

- Molina R., T. Odell, D.A. Luoma, et al. 1993. Biology, ecology, and social aspects of wild edible mushrooms in the forests of the Pacific Northwest: a preface to managing commercial harvest. Forest Service Gen. Pacific Northwest Research Station. Department of Agriculture. Portland. <https://doi.org/10.2737/PNW-GTR-309>
- Montoya A., O. Hernández-Totomoch, A. Estrada-Torres, et al. 2003. Traditional knowledge about mushrooms in a Nahua community in the state of Tlaxcala, México. *Mycologia*. 95(5):793–806. <http://dx.doi.org/10.2307/3762007>
- Montoya A., A. Kong, A. Estrada-Torres, et al. 2004. Useful wild fungi of La Malinche National Park, Mexico. *Fungal Diversity*. 17:115–143. <https://doi.org/10.2307/3762007>
- O'Donnell K., E. Cigelnik, N.S. Weber & J.M. Trappe. 1997. Phylogenetic Relationships among Ascomycetous Truffles and the True and False Morels Inferred from 18S and 28S Ribosomal DNA Sequence Analysis. *Mycologia* 89 (1): 48-65. <http://dx.doi.org/10.2307/3761172>.
- O'Donnell K, A.P. Rooney, G.L. Mills, et al. 2011. Phylogeny and historical biogeography of true morels (*Morchella*) reveals an early Cretaceous origin and high continental endemism and provincialism in the Holarctic. *Fungal Genetics and Biology* 48(3):252–265. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fgb.2010.09.006>
- Palacio M., Y. Gutiérrez, A.E. Franco-Molano, et al. 2015. Nuevos registros de macrohongos (Basidiomycota) para Colombia procedentes de un bosque seco tropical. *Actualidades Biológicas* 37(102):319–339.
- Pfister D.H. 2015. Pezizomycotina: Pezizomycetes, Orbiliomycetes. In: McLaughlin DJ, Spatafora JW, editors. *The Mycota: A Comprehensive Treatise on Fungi as Experimental Systems for Basic and Applied Research. Systematics and Evolution Part B VII*. Springer. London. pp. 35-55.
- Pildain M.B., S.B. Visnovsky, & C. Barroetaveña. 2014. Phylogenetic diversity of true morels (*Morchella*), the main edible non-timber product from native Patagonian forests of Argentina. *Fungal Biology* 118(9-10):755-63. <http://dx.doi.org/10.1016/j.funbio.2014.03.008>
- Pilz D., R. McLain, A. Alexander, et al. 2007. Ecology and management of moréls harvested from the forests of western North America. Oregon: Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station.
- Pinzón Osorio CA., A. Castiblanco Zerda, & J. Pinzón Osorio. 2017. *Laternea pusilla* (Phallales, Phallaceae) una nueva especie para Colombia. *Acta Biológica Colombiana* 22(1):101-104. <http://dx.doi.org/10.15446/abc.v22n1.59866>
- Rangel C.J. 2015. La biodiversidad de Colombia: significado y distribución regional. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 39(151):176–200. <http://dx.doi.org/10.18257/raccefyn.136>
- Richard F., M. Sauve, J.M. Bellanger, et al. 2015. True morels (*Morchella*, Pezizales) of Europe and North America: evolutionary relationships inferred from multilocus data and a unified taxonomy. *Mycologia*. 107(2):359–382. <http://dx.doi.org/10.3852/14-166>
- Robbins W. & A. Hervey. 1965. Manganese, calcium and filtrate factor for *Morchella crassipes*. *Mycologia*. 57(2):262–274. <https://doi.org/10.2307/3756827>
- Robbins W. & A. Hervey. 1959. Wood extract and growth of *Morchella*. *Mycologia*. 51(3):356–363. <https://doi.org/10.2307/3756055>
- Smickaya M. 1980. Operculate Discomycetes: Mycoflora of Ukraine. Naukova Dumka Press. Kiev.
- Smith A.H., H.V. Smith, & N.S. Weber. 1981. How to Know the Non-gilled Mushrooms. Dubuque, Iowa: Wm. C. Brown, United States.
- Soto-Medina E. & A.C. Bolaño-Rojas. 2013. Hongos macroscópicos en un bosque de niebla intervenido, vereda Chicoral, Valle del Cauca, Colombia. *Biota Colombiana*. 14(2):1–12.
- Svenning J.C. 2003. Deterministic Plio-Pleistocene extinctions in the European cool-temperate tree flora. *Ecol Lett*. 6:646–653. Doi: 10.1046/j.1461-0248.2003.00477.x
- Svrček M. 1983. *Dausien's Grosses Pilzbuch in Farbe*. Verlag Werner Dausien. Hanau.
- Trutmann P. & A. Luque. 2012. Los Hongos Olvidados del Perú. VI Congreso Nacional de Investigaciones en Antropología. Peru.
- Vasco-Palacios A.M. & A.E. Franco-Molano. 2013. Diversity of Colombian Macrofungi. (Ascomycota-Basidiomycota). *Mycotaxon*. 121:1–58.
- Voitk A., M.W. Beug, K. O' Donnell, et al. 2016. Two new species of true morels from Newfoundland and Labrador: cosmopolitan *Morchella eohespera* and parochial *M. laurentiana*. *Mycologia*. 108(1):31–37. Doi: 10.3852/15-149
- Volk T.J. & T.J. Leonard. 1989. Physiological and environmental studies of sclerotium formation and maturation in isolates of *Morchella crassipes*. *Applied and Environmental Microbiology* 55(12):3095–3100. [https://doi.org/10.1016/S0953-7562\(09\)80365-1](https://doi.org/10.1016/S0953-7562(09)80365-1)
- Volk T.J. & T.J. Leonard. 1990. Cytology of the life cycle of *Morchella*. *Mycological Research* 94:399–406.
- Weber N.S. 1988. *A Morel Hunter's Companion: a guide to the true and false morels of Michigan*. Two Peninsula Press. Lansing, MI.
- Weber N.S. 1995. *A Morel Hunter's Companion: Guide to True and False Morels*. Thunder Bay Press. Michigan.
- Webster J. & R.W.S Weber. 2006. *Introduction to Fungi*. Cambridge University Press. New York.
- Winder R. 2006. Cultural studies of *Morchella elata*. *Mycological Research* 110(5):612–623. <https://doi.org/10.1016/j.mycres.2006.02.003>
- Wipf D., A. Fribourg, J. Munch, et al. 1999. Diversity of the internal transcribed spacer of rDNA in morels. *Canadian Journal of Microbiology* 45(9):769–778. <https://doi.org/10.1139/w99-070>
- Wright J.E. & E. Alberto. 2006. Hongos: Guía de los hongos la región Pampeana II. Hongos sin laminillas. L.O.L.A. Buenos Aires.