

## **SARCODON AMYGDALIOLENS, NUEVA ESPECIE DE SARCODON ENCONTRADA EN LA PENÍNSULA IBÉRICA.**

L. RUBIO-CASAS<sup>1</sup>, L. RUBIO-ROLDÁN<sup>1</sup> & S. CATALÀ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> León Gil de Palacio 3, 4º C, escal. dcha., 28007 Madrid  
pes\_caprae2@hotmail.es; rubio\_casas@hotmail.com

<sup>2</sup> ICBiBE, Dpto. Botánica, Fac. Biología, Univ. Valencia,  
Dr. Moliner 50, 46100 Burjassot, Valencia  
sangarca16@gmail.com

**Summary.** RUBIO-CASAS, L., L. RUBIO-ROLDÁN & S. CATALÀ (2011). *Sarcodon amygdaliolens*, a new species of *Sarcodon* found in the Iberian Peninsula. *Bol. Soc. Micol. Madrid* 35: 43-56.

*Sarcodon amygdaliolens* is proposed as a new species characterized by its habitat in Mediterranean environments and its intense smell of bitter almonds. A comparative study of macro- and microscopic features of closely related species is provided. Molecular study of the nuclear ITS region is also presented.

Key words: *Thelephorales*, *Bankeraceae*, *Sarcodon amygdaliolens*, taxonomy, ecology, chorology, Guadalajara, Spain.

**Resumen.** RUBIO-CASAS, L., L. RUBIO-ROLDÁN & S. CATALÀ (2011). *Sarcodon amygdaliolens*, nueva especie de *Sarcodon* Quéll. ex P. Karst. encontrada en la Península Ibérica. *Bol. Soc. Micol. Madrid* 35: 43-56.

Se propone como nueva especie *Sarcodon amygdaliolens*, caracterizada por su hábitat en ambientes mediterráneos y su intenso olor a almendras amargas. Se aporta un estudio comparativo de los caracteres macro y microscópicos de las especies afines, así como un estudio molecular de la región ITS nuclear.

Palabras clave: *Thelephorales*, *Bankeraceae*, *Sarcodon amygdaliolens*, taxonomía, ecología corología, Guadalajara, España.

### INTRODUCCIÓN

El género *Sarcodon* Quéll ex P. Karst. incluido en la familia *Bankeraceae* Donk, está formado por cerca de cincuenta taxones a nivel mundial. Se compone de especies de crecimiento exclusivamente terrícola que colonizan todo tipo de bosques, con cuerpos fructíferos tronco-cónicos cuyo pileo frecuentemente se resquebraja o fisura

en escamas o placas. Presentan un himenóforo hidnoide y sus esporas son irregulares con protuberancias nodulosas; su sistema hifal es monomítico y puede presentar fibulas o no (STALPERS, 1993).

En la región mediterránea es un género mal estudiado a pesar de no ser infrecuente y hasta hace pocos años las confusiones entre especies relativamente afines han sido comunes. Como

ejemplo, *Sarcodon squamosus* (Schaeff.) Quél., especie común en el ambiente mediterráneo, ha sido confundida recurrentemente con *Sarcodon imbricatus* (L.) P. Karst., una especie del ámbito centroeuropeo (JOHANNESON & *al.*, 1999).

Desde el año 2005 los autores vienen observando un *Sarcodon* de características constantes muy bien definidas y diferente a las especies descritas en las publicaciones conocidas. La especie que se propone, una vez revisados los protólogos de las especies del género *Sarcodon* descritas, amplía la diversidad del género en la cuenca mediterránea y su característica organoléptica del intenso olor a almendras amargas permite su fácil identificación.

## MATERIAL Y MÉTODOS

La descripción macroscópica ha sido realizada sobre material fresco recolectado por los autores, teniendo en cuenta que el diámetro pileico se refiere al “diámetro proyectado”. Los colores del material en fresco han sido referenciados según la tabla de color de Natural Color System “Exterior Collection”. Las fotografías macroscópicas han sido realizadas por los autores, normalmente *in situ* y con luz natural.

La descripción de los caracteres microscópicos se ha realizado sobre ejemplares frescos o de herbario de las colecciones especificadas, previamente rehidratados en agua en el caso de hacerse sobre material seco. Las preparaciones se han realizado en KOH 3%, y los colorantes empleados han sido Rojo Congo, Rojo Congo Amoniacal, NH<sub>3</sub> y reactivo de Melzer. El estudio microscópico ha sido realizado con un microscopio triocular Nikon Eclipse E200 con objetivos planacromáticos.

La observación al microscopio electrónico de barrido se ha realizado con un HITACHI mod. S-4100 con cañón de emisión de campo, detector BSE AUTRATA, sistema de captación de imágenes EMIP 3.0, sobre ejemplares deshidratados, realizándose un secado por punto crítico.

El ADN se extrajo a partir de 20 mg de material seco, previamente pulverizado en nitrógeno líquido, usando el DNeasy Plant Mini Kit (Qiagen) siguiendo las instrucciones del fabricante.

La elución final se hizo en un volumen total de 100 µl de agua miliQ. La presencia de ADN se chequeó en un gel de agarosa al 1% en tampón 1x de tris-borato-ácido etilendiaminotetraacético (TBE) (pH 8), revelado con GelRed™ (Biotium). Los espaciadores internos transcritos (ITS1-ITS2) se amplificaron con los cebadores ITS1F (GARDES & BRUNS, 1993) e ITS4 (WHITE & *al.* 1990). En la reacción en cadena se usó 1 µl de ADN genómico en un volumen de reacción de 25 µl. La mezcla contenía 1x de tampón de PCR (Qiagen), 2.5 nmol dNTPs, 4 pmol de cada cebador, 3.75 mM MgCl<sub>2</sub>, y 1 unidad de Taq polimerasa. Los parámetros de la reacción en cadena fueron los siguientes: 5 min de desnaturalización inicial a 94° C seguida de 40 ciclos de: 1 min de desnaturalización a 95° C, hibridación con los cebadores a 57°C durante 1 min y extensión a 72° durante 1 min, seguido de una extensión final de 7 min a 72°C. Los productos de PCR se chequearon mediante electroforesis en un gel de agarosa al 1% en tampón TBE revelado con GelRed™ (Biotium) para confirmar un único producto, y se purificaron siguiendo el protocolo del Qiaquick PCR Cleanup (Qiagen). Los productos purificados se secuenciaron en el secuenciador automático ABI 3730 (Applied Biosystems) con los cebadores usados en la reacción de amplificación.

Para conocer la tipología litológica de las localidades estudiadas han sido utilizados los mapas del IGME de la 2ª serie MAGNA (Instituto Geológico y Minero de España). Las colecciones estudiadas están depositadas en los herbarios AH del Dpto. de Biología Vegetal de la Universidad de Alcalá y MA-Fungi del Real Jardín Botánico de Madrid, así como en los herbarios personales de los autores (LRC = Luis Rubio; SCG= Santiago Català).

## RESULTADOS

### *Sarcodon amygdaliolens* L. Rubio-Casas, L. Rubio-Roldán & S. Català, sp. nov.

Etimología: *amygdaliolens*: del latín <<amygdāla>>, almendra, y <<olens>>, que huele, por su olor intenso a almendras amargas.

Diagnosis latina: *Basidiomata magnitudine modica usque ad magnam, clavae forma, sola vel fasciculata. Pileus circiter 75-200 mm superficie, subtomentosa, levi atque fissurata. Color aut fuscus flavescens aut fuscus aurantius aut fuscus subbrunneus. Limes leviter involutus et infecundus. Stipes unicus vel ramosus, repletus et in medio situs circa 35-60 et 22-40 mm. Himenium aculeis decurrentibus, pressis, aculeatis et liberis. Caro amarissimo sapore et in stipitis basi colore veridi subcaeruleo. Odor proprius, intentus sed gratus amarorum amygdalorum, notus in himenio. Seccens farinolens. Sporae subglobosae usque ad ellipticas, nodulosae verrucosae, 5,25(6,03)6,5 x 4(4,51)5µm Q=1,15(1,34)1,50. Trama monomitica gracilium hyfarum, septatarum et fibulis carentium. Cistidiis absentibus. Basidia quadripora subcilindrica vel subclavata 27-34 x 5-6µm, sine fibulis.*

*Holotypus: Hispania, Tamajón, Barranco la Jara, 30TVL76034200, 1040 m, sub Pinus pinaster et Cistus ladanifer in acerba terra supra quarzi rudera, 5-XII-2009, leg. et det. L. Rubio Casas & L. Rubio Roldán, AH 42113. Isotypus: In herbaria MA-Fungi 80890.*

*Otras colecciones estudiadas: ALMERÍA: Abrucena, Cortijos de Paredes, 30SWG19240675, 1425 m, bajo Pinus pinaster en terreno ácido sobre micaesquistos grafitosos y cuarcitas, 6-XI-2010, leg. A. Ivorra Jiménez & L. Posadas Fernández, det. L. Rubio Casas, AH 42277. BADAJOZ: La Codosera, bajo Pinus pinaster en terreno ácido, 11-XI-2008, leg. Martes Micológicos de Mérida, det. L. Rubio Casas & L. Rubio Roldán, LRC-11110801. CÁCERES: Villar del Pedroso, Navatrasierra, 30SUJ02198423, 710 m, bajo Pinus pinaster y Erica arborea en terreno ácido sobre pizarras, 24-XII-2006, leg. y det. L. Rubio Casas & L. Rubio Roldán, AH 42278. CÁDIZ: Chiclana de la Frontera, Campano, Pinar de Campano, 30SYF575277, 25 m, bajo Pinus pinea, Quercus suber y Pistacia lentiscus de un pinar arenoso costero en terreno ácido sobre arenas rojas ricas en cuarzo, 12-XII-2010, leg. J.L. Márquez, det. L. Rubio Casas, LRC-12121001. CUENCA: Cardenete, alrededores de la Mina de caolín, 30SXX1505, 900 m, bajo Pinus pinaster en terreno ácido sobre areniscas y*

*cuarcitas del Buntsandstein, 30-X-2010, leg. V. Atienza, det. S. Català, SCG-30101001. Ibidem, La Toba, 30SXX0915, 820 m, bajo Pinus pinaster en terreno ácido sobre areniscas y cuarcitas del Buntsandstein, 30-X-2010, leg. V. Atienza, det. S. Català, SCG-30101002. Talayuelas, bajo Pinus pinaster en terreno ácido sobre areniscas y cuarcitas del Buntsandstein, 23-X-2010, leg. II Jornadas Micológicas de Talayuelas, det. S. Català & L. Rubio Casas, AH42280. GUA-DALAJARA: Arroyo de las Fraguas, Santotis, 30TVL8640, 1200 m, bajo Pinus pinaster en terreno ácido, 20-XI-2010, leg. J.C. Campos Casabón, det. L. Rubio Casas, AH 42281. Sigüenza, Barbatona, Pinar de Barbatona, 30TWL354462, 1130 m, bajo Pinus pinaster en terreno ácido sobre conglomerados, areniscas y arcillas, 7-XI-2010, leg. C. Díaz Navalón, det. L. Rubio Casas, LRC-07111001. Tamajón, Pantano de El Vado, 1000 m, bajo Pinus pinaster y Quercus ilex subsp. ballota en terreno ácido, 24-10-2005, leg. A. Zapata Sánchez & M<sup>a</sup> C. Bueno, det. L. Rubio Casas, LRC-24100501. Ibidem, Barranco la Jara, 30TVL76034200, 1040 m, bajo Pinus pinaster y Cistus ladanifer en terreno ácido sobre gravas cuarcíticas, 5-XII-2009, leg. y det. L. Rubio Casas & L. Rubio Roldán, LRC-05120901. Ibidem, 30TVL76194202, 1010 m, bajo Pinus sylvestris y Pinus pinaster en terreno ácido sobre pizarras negras homogéneas, 25-XI-2010, leg. y det. L. Rubio Casas & L. Rubio Roldán, AH 42276. SALAMANCA: Puebla de Azaba, 29TPE90617993, 670 m, bajo Pinus pinaster y Quercus ilex subsp. ballota en terreno ácido sobre arcosas y areniscas feldespáticas, 11-XI-2010, leg. S. Jorge Martín, det. L. Rubio Casas, AH 42279. TOLEDO: Puerto de San Vicente, 30SUJ17887899, 750 m, bajo Pinus pinaster y Cistus ladanifer en terreno ácido sobre pizarras grauvacas y areniscas, 26-XII-2005, leg. y det. L. Rubio Casas & C. Casas de la Cal, LRC-26120501. VALENCIA: Barx, La Puigmola, 30SYJ325236, 455 m, bajo Pinus pinaster sobre suelo arenoso descarbonatado, 15-XI-2008, leg. et det. S. Català, SCG-151108. Llutxent, Els Surars, 30SYJ334183, 600 m, bajo Pinus pinaster y Erica scoparia sobre suelo arenoso descarbonatado, 17-XII-2006, leg. S. Català & P. Tejedor, det. S. Català, SCG-171206. Ibi-*



Fig. 1.- *Sarcodon amygdaliolens*, basidiomas frescos de la colección tipo *in situ*. (AH42113). Foto Luis Rubio Casas.

*dem*, 16-X-2007, *leg.* S. Català & P. Tejedor, *det.* S. Català, SCG-161007. *Ibidem*, 13-XII-2007, *leg.* S. Català & A. Barrachina, *det.* S. Català, SCG-131207. *Ibidem*, 30-X-2008, *leg.* S. Català & P. Tejedor, *det.* S. Català, SCG-301008.

*Holotipo*: España, Guadalajara, Tamajón, Barranco la Jara, 30TVL76034200, 1040 m, bajo *Pinus pinaster* y *Cistus ladanifer* en terreno ácido sobre gravas cuarcíticas, 5-XII-2009, *leg.* y *det.* L. Rubio Casas & L. Rubio Roldán, AH 42113. *Isotipo*: En el herbario MA-Fungi.

*Descripción macroscópica*: Basidiomas de tamaño medio a grande con forma de clava, aislados (Figs. 1-2), o muchas veces fasciculados formando un único píleo fusionado en el que se aprecian varios estípites. Píleo irregular y lobulado (Fig. 1), raramente regular en ejemplares jóvenes (Fig. 2), de 75-200 mm de diám., inicialmente plano convexo, finalmente plano, plano convexo o deprimido en el centro. Superficie

pileica afieltrada, lisa o finamente escamosa en algunas zonas (Fig. 3), sobre todo en ejemplares maduros, aunque en algunos ejemplares muy estropeados puede presentar grandes escamas centrales. Con el crecimiento se resquebraja formando placas separadas por grandes grietas de varios milímetros de profundidad (Fig. 4). Color no uniforme, predominando los tonos pardo amarillentos (1515-Y20R), canela (1020-Y10R), beige amarillentos (1510-Y30R), pardo anaranjados (3050-Y30R) o café con leche (1015-Y), más oscuros en el centro y con tiempo húmedo, con manchas pardo ferruginosas (2040-Y70R) o pardo achocolatadas (6030-R10B) sobre todo en ejemplares maduros (Figs. 1, 2, 3 y 4). Borde levemente involuto al principio, estéril, engrosado y excedente al final. Estípite único o ramificado, de 35-60 x 22-40 mm, clavado o turbinado, radicante a veces, compacto, lleno y normalmente centrado (Figs. 1, 2, 7 y 8), con la superficie recubierta de acúleos hasta la mitad, fuertemente afieltrada



Fig. 2.- *Sarcodon amygdaliolens*, basidiomas frescos, *in situ*. (SGC-151108). Extraída de CATALÀ (2010), como *Sarcodon fennicus* (P. Karst.) P. Karst. Foto: Santiago Català.

en el resto (Figs. 1 y 5), concolor al pileo salvo en la base, donde aparecen tonos glaucos (5030-B30G) o gris azulados (5030-R90B) (Figs. 2 y 5). Rizomorfos finos y blanquecinos muy abundantes en la base, que aglomeran el substrato (Fig. 2). Himenio constituido por acúleos, muy abundantes y apretados, independientes, cilíndricos, con extremo apuntado, de hasta 10 x 2 mm, que descienden de manera irregular a lo largo del estípite, siendo más pequeños cuanto más hacia la base, de color inicialmente blanquecino grisáceo (0505-G), que al madurar pasan a pardo oscuro (7010-Y30R) sobre todo en la base, manteniendo el ápice blanquecino y que se manchan de pardo ocráceo (1515-Y20R) con la manipulación (Figs. 1 y 6). Carne gruesa, compacta, quebradiza en el pileo y más fibrosa en el estípite, de color pardo amarillento (1515-Y20R) o beige amarillento (1510-Y30R), que con el paso de los minutos se oxida irregularmente hacia tonos crema grisáceos

(0505-G50Y), café con leche (1015-Y) o pardo purpúreos (5010-R10B), salvo en la base del estípite donde los tonos son glaucos (5030-B30G) o gris azulados (5030-R90B) desde el principio (Figs. 7 y 8). Sabor muy desagradable, extremadamente amargo, algo picante al final, difícil de resistir en la boca y permanente en el tiempo. Olor muy característico, intenso y agradable de almendras amargas, más evidente al cabo de unos minutos tras la recolección y sólo apreciable en el himenio, ya que la carne al corte desprende un aroma harinoso intenso. Dichos olores desaparecen en exsiccata, siendo sustituidos por un olor a achicoria. Esporada de color pardo amarillento a amarillento grisáceo. Reacciones macroquímicas. KOH: En la carne verde azulado, amarillento anaranjado al cabo de los minutos; sobre las zonas de color glauco de la carne de la base del estípite directamente anaranjado; sobre la superficie pileica negro con reflejos oliváceos

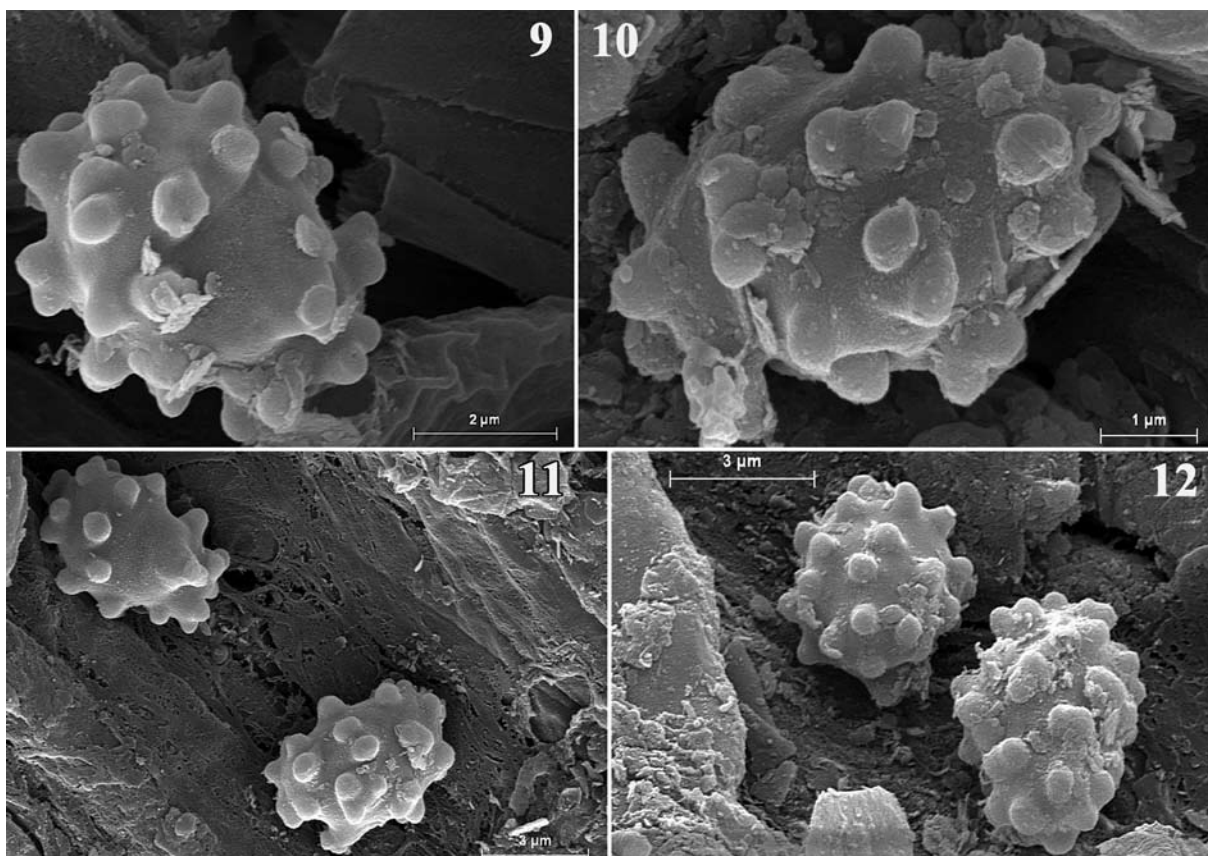


Figs. 3-8.- *Sarcodon amygdaliolens*. 3: Pequeñas escamas en la superficie pileica (AH42280). 4: Fisuras de la superficie pileica (AH42279). 5: Base del estípite de color gris azulado (AH42281). 6: Detalle de los acúleos maduros bicolors (LRC-26120501). 7: Color de la carne con corte reciente (AH42113). 8: Color de la carne tras varios minutos después del corte (AH42113). Fotos: Luis Rubio Casas.

al final.  $\text{NH}_3$ : En la carne verde azulado; sobre la superficie pileica pardo achocolatado. Fenol: En la carne ligeramente rosado al cabo de varios minutos; sobre la superficie pileica nulo. Guayaco: Subnulo en todas las estructuras.

*Descripción microscópica:* Sistema de hifas

monomítico, con hifas del pileo de tipo cutis, de hasta  $75 \times 15 \mu\text{m}$ , de pared delgada, septadas, sin fíbulas, paralelas en la cutícula, más entrecruzadas por debajo de ésta, de color pardo amarillento al microscopio óptico en la cutícula. Hifas del estípite idénticas a las del pileo. Hifas de los



Figs. 9-12.- *Sarcodon amygdaliolens*, detalles de la ornamentación esporal al MEB (AH42113). Fotos: Santiago Català y David Lázaro.

acúleos de hasta 4,5 µm de ancho, sin fíbulas. Basidios difíciles de observar, tetráspóricos, subcilíndricos o subclavados, tortuosos, con gotas lipídicas en su interior, con la base afibulada y de 27-34 x 5-6 µm, con esterigmas de hasta 5 µm de longitud. Esporas de subglobosas a elípticas, tuberculadas o noduloso-verrugosas, monogutuladas, de color pardo amarillento al microscopio óptico, de 5,25 (6,07) 6,5 (-7) x 4 (4,51) 5 µm incluyendo la ornamentación, con un factor Q = 1,15 (1,34) 1,50. Verrugas de hasta 1 µm de altura. (Figs. 9, 10, 11 y 12). Gloeocistidios muy evidentes, con contenido oleoso de color pardo amarillento oscuro presentes en el pileo.

*Análisis filogenéticos:* Las secuencias se alinearon mediante ClustalW (CHENNA & *al.*, 2003) implementado en Mega 5 (TAMURA & *al.*, 2011) y ajustadas manualmente. Los ali-

neamientos se implementaron en Mesquite 2.6 (MADDISON & MADDISON, 2008) para la interconversión de los formatos.

Se obtuvo un alineamiento total de 742 caracteres (incluyendo nucleótidos y “gaps” o “-”), de los cuales 399 resultaron constantes y 343 variables e informativos para la reconstrucción de la filogenia.

Para conocer el mejor modelo evolutivo de la secuencia de nucleótidos se empleó el programa jModelTest 0.1 (POSADA, 2008), el cual fue indicado en el archivo procesado con el programa MRBayes 3.2 (HUELSENBECK & RONQUIST, 2003) con 10<sup>6</sup> generaciones, existiendo convergencia de los resultados obtenidos. Los análisis de máxima parsimonia (MP) se realizaron con el programa PAUP v4.0b10 (SWOFFORD, 2002).

La figura 13 muestra un árbol filogenético basado en las secuencias obtenidas de los ITS nu-

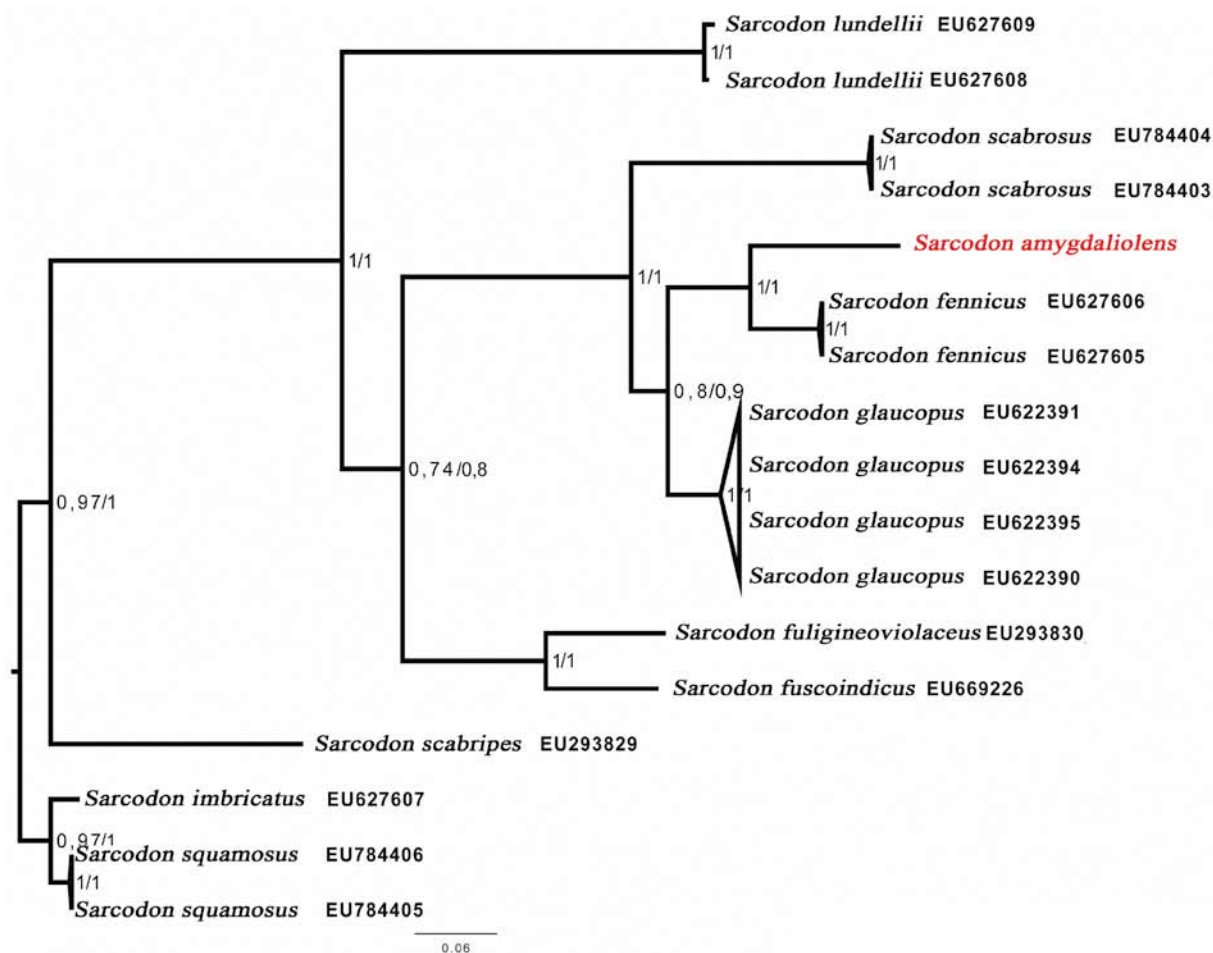


Figura 13: Árbol filogenético obtenido mediante inferencia bayesiana y máxima parsimonia que representa las relaciones filogenéticas entre distintas especies del género *Sarcodon* Quéél. ex P. Karst. basado en secuencias de ITS nucleares. Los valores por delante y por detrás de la barra indican la probabilidad después del análisis Bayesiano y MP, respectivamente.

cleares. Para la reconstrucción del árbol se han usado secuencias de diferentes especies de *Sarcodon* procedentes del GenBank, cuyos accesos vienen indicados en el mismo.

El árbol filogenético muestra que *Sarcodon amygdaliolens* forma un clado monofilético con *S. scabrosus* (Fr.) P. Karst., *S. glaucopus* Maas Geest. & Naanf y *S. fennicus* (P. Karst.) P. Karst., con un valor de soporte de bootstrap de 100% para la monofilia del clado. Se puede observar que *S. fennicus* (P. Karst.) P. Karst. está próximo a *S. amygdaliolens*, pero claramente separado de éste.

## DISCUSIÓN

De las 19 colecciones estudiadas de este taxón, todas ellas de recolectas otoño - invernales, 17 lo han sido en bosques en los que la especie dominante es el *Pinus pinaster* Aiton., y en otra colección dicha especie formaba un bosque mixto junto con *Pinus sylvestris* L. Hasta ahora, sólo se tiene referencia de una localidad en la que *Sarcodon amygdaliolens* no aparezca ligado a un bosque con *Pinus pinaster* Aiton, en Chiclana de la Frontera (Cádiz) donde la especie dominante es el *Pinus pinea* L.; por otra parte, en la mayoría de las localizaciones el suelo presenta un pH de



carácter ácido, como consecuencia de asentarse sobre substratos cuarcíticos, pizarrosos o graníticos, salvo las recolecciones de la provincia de Valencia, donde los bosques se asientan sobre calizas descarboxatadas, confiriéndole al suelo características propias de terrenos silíceos. Por ello se puede afirmar que *Sarcodon amygdaliolens* es una especie calcífuga, con preferencia por suelos ácidos, otoño - invernal, asociada a coníferas, preferentemente del género *Pinus* L. de ambiente mediterráneo. La presencia de la especie a lo largo de las regiones de clima mediterráneo de la Península Ibérica queda de manifiesto por la diversa procedencia de las colecciones estudiadas, más concretamente en su mitad sur, si bien es muy probable que en años venideros aparezcan nuevas localidades en buena parte del territorio peninsular.

*Sarcodon amygdaliolens* es una especie fácil de identificar sobre el terreno debido a una serie de características organolépticas y macroscópicas muy peculiares, como son el intenso olor a almendras amargas que exhala el himenio, el olor harinoso de su carne, el sabor extremadamente amargo e instantáneo, la superficie pileica tomentosa, sin escamas imbricadas y resquebrajada en grandes placas, los acúleos decurrentes, la coloración verde azulada de la carne de la base del estípite y su crecimiento bajo coníferas del género *Pinus*. Estas características son aplicables a ejemplares recolectados con condiciones meteorológicas óptimas y no excesivamente maduros, ya que con tiempo muy húmedo el fuerte olor a almendras amargas queda disimulado, y cuando los ejemplares son muy maduros, predomina el olor a achicoria o a pastillas de caldo concentradas y el pileo puede llegar a presentar grandes escamas centrales y tener tonalidades pardo ferruginosas o achocolatadas.

El género *Sarcodon* según algunos autores, se dividiría en 4 secciones, (MAAS GEESTERANUS, 1971): la sección *Sarcodon* Quéel ex P. Karst., *Scabrosi* Maas Geest., *Violacei* Maas Geest. y *Virescentes* Maas Geest.. Dicha clasificación está hoy en día discutida debido a la posterior descripción de especies con caracteres intermedios entre unas y otras secciones, o por la presencia de especies que no encajan bien dentro

de éstas. Un claro ejemplo de este último caso es *Sarcodon amygdaliolens*, ya que por ser una especie afibulada y presentar la carne de la base del estípite de color glauco, encajaría en la sección *Scabrosi*, pero en cambio, no tiene la superficie pileica escamosa o un olor agradable a sandía, características descritas también para esta sección. Se cree por tanto necesario realizar futuros estudios moleculares con tal de delimitar o redefinir las posibles secciones de este género, ya que aunque el clado que correspondería a la sección *Scabrosi* (incluido *S. amygdaliolens*) queda perfectamente delimitado en el árbol filogenético, no se corresponde en su totalidad con los caracteres definidos por Maas Geesteranus para esta sección.

A grandes rasgos, se puede separar el género *Sarcodon* en dos grandes grupos de especies en función de una característica microscópica, las que presentan fibulas en sus estructuras y aquellas otras especies afibuladas (STALPERS, 1993). *Sarcodon amygdaliolens* es una especie afibulada, y este carácter lo separa claramente de algunos taxones próximos macroscópicamente como *S. calvatus* (K.A. Harrison) K.A. Harrison, *S. calvatus* var. *odoratus* (K.A. Harrison) K.A. Harrison (HARRISON, 1984), *S. excentricus* Coker & Beers ex R.E. Baird, *S. harrisonii* R.E. Baird (BAIRD, 1985), *S. humilis* Maas Geest. (MAAS GEESTERANUS, 1971), *S. quietus* Maas Geest. (MAAS GEESTERANUS, 1967) y *S. versipellis* (Fr.) Nikol. (BREITENBACH & KRÄNZLIN, 1986).

Tras esta diferenciación en función de la presencia o no de fibulas, el número de especies parecidas a *Sarcodon amygdaliolens* queda reducido a una decena, ya que de las múltiples especies afibuladas han de ser excluidas aquellas con evidentes tonos violetas o liláceos como *S. fuligineoviolaceus* (Kalchbr.) Pat. (FRIES, 1874), *S. ianthinus* Maas Geest. (MAAS GEESTERANUS, 1974), *S. joeides* (Pass.) Bataille (TABARÉS & ROCABRUNA, 2002) o *S. subincarnatus* (K.A. Harrison) K.A. Harrison (HARRISON, 1964) y también aquellas especies en las que la superficie pileica es claramente escamosa como *S. scabrosus* (Fr.) P. Karst. (BAIRD & KHAN, 1986).

Sin duda la especie más próxima a *Sarcodon*

*amygdaliolens* es *S. fennicus* (P. Karst.) P. Karst., ya que ambas especies comparten muchas características comunes como el tamaño, el color externo de los basidiomas, el color de la trama con evidentes tintes verde azulados en la base del estípote, el sabor amargo, la decurrencia de los acúleos, la superficie pileica tomentosa y fisurada, la reacción ante el KOH, la ausencia de fíbulas y el hábitat bajo coníferas. Las diferencias entre ambos taxones por lo tanto son escasas, razón por la que se han confundido habitualmente, si bien, son suficientemente claras como para pensar que se trata de especies independientes. Macroscópicamente la principal diferencia es el intenso olor a almendras amargas que desprende el himenio de los ejemplares frescos de *Sarcodon amygdaliolens*. En la bibliografía existente se ha hecho referencia a este peculiar olor, así, MAAS GEESTERANUS & NAANFELDT (1969) ya comentan que Lundell describe el olor de *S. fennicus* como una mezcla entre almendras amargas y tierra mojada. Probablemente esta característica se haya podido atribuir erróneamente por más autores a este taxón, cuando en la descripción original del mismo no aparece mencionado, siendo otra de las razones por las que *S. amygdaliolens* ha pasado desapercibida hasta ahora. Otra característica diferenciadora es el sabor extremadamente amargo de *S. amygdaliolens*, mientras que toda la bibliografía consultada refleja sólo el sabor amargo de *S. fennicus*. Por otro lado, microscópicamente difieren sustancialmente en el tamaño esporal, ya que las esporas de *Sarcodon fennicus* son más grandes, de 6,3-7,2 x 4,5-5,2 µm para MAAS GEESTERANUS & NAANFELDT (1969), de 6,5-7,5(-8) x 4,5-6 µm para STALPERS (1993), de 6,8-7,5 x 5,5-6,5 µm para COKER & BEERS (1970) y de 6,5-7,5 x 4,5-5 µm para GERHARDT & al. (2000). Por último cabe destacar el hábitat diferente entre una y otra especie. Muchas han sido las especies centro europeas que durante años y aún hoy han sido malinterpretadas en el contexto mediterráneo, debido al escaso desarrollo de la taxonomía micológica en los países del sur de Europa hasta hace pocas décadas, asignando, para las especies encontradas en ambientes de clima mediterráneo, nombres de especies próximas centro o noreuropeas aunque entre ellas

existieran ciertas diferencias. *Sarcodon fennicus* se trataría pues de un taxón de ambiente continental o montano, de aparición bajo coníferas propias de estos lugares como *Picea* spp., *Abies* spp. o *Pinus* spp., mientras que *S. amygdaliolens* manifiesta una evidente preferencia por ambientes de clima mediterráneo, creciendo bajo *Pinus pinaster* fundamentalmente, aunque también bajo *P. pinea* o *P. sylvestris*. Con tal de darle una mayor robustez a la caracterización de esta especie se ha creído necesario realizar un estudio molecular pormenorizado, y así, aunque el material de *S. fennicus* con el que se han comparado las muestras de *S. amygdaliolens* no pertenecen al holotipo, *S. amygdaliolens* queda claramente separada de *S. fennicus* en base a secuencias de la región ITS (nrDNA ITS).

En algunas localidades donde ha sido recolectado *Sarcodon amygdaliolens*, también se ha podido comprobar la confusión existente con *S. glaucopus* Maas Geest. & Naanf. debido a la superficie pileica sin escamas y a los colores glaucos en la base del estípote; sin embargo son significativamente diferentes ya que esta especie tiene una carne no amarga, con olor que recuerda al de *Agaricus campestris* L., suele tener tonalidades pardo purpúreas o gris violáceas en el píleo, sin que éste se resquebraje en grandes placas y tiene unas esporas más pequeñas, de 5-5,4 x (3,6-)4-4,3 µm (MAAS GEESTERANUS & NAANFELDT, 1969).

Otra especie afin es *Sarcodon martioflavus* (Snell, K.A. Harrison & H.A.C. Jacks) Maas Geest. con una superficie pileica afieltrada, sin escamas y agrietada en grandes placas, muy parecida a la de *S. amygdaliolens*; pero con tonos pileicos más oscuros, pardo purpúreos, con manchas rosado purpúreas tanto en el píleo como en la carne, un estípote de tonos anaranjados y sin tintes azulados verdosos en su base. Además, tiene sabor y olor agradables harinosos; así como un tamaño esporal inferior, de 4-5,5 x 4-5 µm (BAIRD, 1986a).

Tres especies que presentan colores glaucos en la base del estípote son *Sarcodon illudens* Maas Geest., *S. lepidus* Maas Geest. y *S. regalis* Maas Geest. La primera de ellas tiene escamas levemente erguidas en el centro, tonos pileicos pardo

rosados o púrpúreos, esporas algo más grandes y estrechas de 6-7 x 3,5-4,5 µm y crecimiento bajo planifolios (GERAULT, 2005). *Sarcodon lepidus* se diferencia con facilidad por la presencia en el centro del píleo de escamas adpresas de color pardo rojizo, tener olor farináceo, reacción nula en la carne y verde oscuro sobre la superficie pileica al NH<sub>3</sub> (PÉREZ DE GREGORIO, 2005), esporas más estrechas de 5,8-6,3 x 3,6-4,3 µm y un hábitat bajo planifolios. (MAAS GEESTERANUS, 1975). La tercera comparte caracteres microscópicos similares a *Sarcodon amygdaliolens*, pero tiene un olor dulzón agradable, sabor levemente amargo, píleo escamoso pardo amarillento con tonalidades pardo vinosas y crecer bajo planifolios (MAAS GEESTERANUS, 1975).

*Sarcodon cyrneus* Maas Geest., es una especie con sombrero sin escamas que resulta claramente diferente en base a muchas características, pero los autores creen conveniente mencionarlo por tratarse de una especie afibulada típicamente mediterránea, que puede presentar la base del estípite con tonos verdosos. Se diferencia entre otras cosas por tener un píleo glabro de tonos rosados, olor y sabor harinosos, esporas mayores de 6,3-7,3 x 4-5 µm y crecer bajo planifolios (MAAS GEESTERANUS, 1975), *Quercus ilex* L. fundamentalmente, aunque también *Quercus suber* L. (GELPI & MUÑOZ, 2009). ANTONINI & ANTONINI (2002) dan un tamaño esporal de 5,8-6,5 x 4,2-5,8 µm, describiendo su olor ligero,

como de glutamato.

Por último, existen tres especies descritas originalmente en el continente americano con las que se ha creído necesario compararla. Una de ellas, *Sarcodon dissimulans* K. A. Harrison, de la que se diferencia por no presentar tonos verdosos en la carne de la base del estípite, tener tonalidades pardo rojizas, exudar gotas rosadas en el píleo y carecer del olor a almendras amargas (HARRISON & GRUND, 1984). La segunda, *Sarcodon stereosarcinon* Wehm., que tampoco presenta los tonos verdosos en la carne de la base del estípite ni el olor típico de *S. amygdaliolens* y tiene esporas más pequeñas de 4,5-5,3 x 3,5-4,5 µm (BAIRD, 1986b). Por último, *Sarcodon underwoodii* Banker, citada también para el continente europeo, se diferencia por su píleo claramente escamoso formado por pequeñas escamas apretadas más o menos floconosas en el margen, sus esporas de 5-6 µm de ancho y base del estípite que tiende al color negro (BANKER, 1906). Además, MAAS GEESTERANUS (1975) en la publicación en la que lo cita en Europa, describe olor y sabor harinosos y unas esporas de 7,2-8,8 x 5-5,4 µm, si bien BAIRD (1986b) aporta unas medidas esporales de (4,5) 5,0-7,0 (7,5) x 4,5-6,5 (7,0) µm.

A modo de resumen, se proponen las tablas 1 y 2 con las principales características de las especies ya mencionadas:

Tabla 1: Características de las principales especies mencionadas en el artículo.

Espece	Píleo	Color carne	Sabor
<i>S. amygdaliolens</i>	Afieltrada, fisurada en grandes placas sin escamas. Tonos pardo amarillentos	Amarillenta. Gris azulada en la base del estípite	Extremadamente amargo
<i>S. fennicus</i>	Afieltrada, fisurada en grandes placas sin escamas. Tonos pardo amarillentos	Amarillenta. Gris azulada en la base del estípite	Amargo
<i>S. martioflavus</i>	Afieltrada, fisurada en grandes placas sin escamas. Tonos pardo púrpúreos	Crema blanquecina con manchas rosadas. Base del estípite concolor	Fuertemente harinoso
<i>S. glaucopus</i>	Glabra, sin escamas. Tonos pardo púrpúreos y gris violáceos	Blanquecina. Tonos glaucos en la base del estípite	Harinoso

Especie	Píleo	Color carne	Sabor
<i>S. illudens</i>	Afieltrada con escamas erguidas en el centro. Tonos pardo rosados o purpúreos	Amarillenta con tonos verdosos en la base del estípite	—
<i>S. lepidus</i>	Escamas pardo rojizas en el centro	Rosada bajo la cutícula, amarillenta en el resto. Verde azulada en la base del estípite	Harinoso
<i>S. regalis</i>	Escamosa. Pardo amarillenta a pardo vinosa.	Pardo amarillenta con manchas pardo vinosas. Verde azulada en la base del estípite	Harinoso, algo amargo al final
<i>S. cyrneus</i>	Lisa, glabra. Tonos pardo rosados	Pardo amarillenta con manchas pardo rosadas. Base concolor	Harinoso, algo amargo
<i>S. dissimulans</i>	Afieltrada, sin escamas. Pardo avellana a pardo rojizo con gotas rosadas	Pardo castaño más oscuro en la base	Extremadamente desagradable. Picante
<i>S. stereosarcinon</i>	Tomentoso, sin escamas. Pardo amarillento a pardo anaranjado	Blanquecina o algo parduzca. Base concolor	—
<i>S. underwoodii</i>	Finamente escamoso. Pardo amarillento a pardo anaranjado	Blanquecina con manchas rosadas. Gris purpúreo en la base del estípite.	Harinoso y muy amargo

Tabla 2: Características de las principales especies mencionadas en el artículo.

Especie	Olor	Hábitat	Esporas	Reacciones macroquímicas
<i>S. amygdaliolens</i>	Almendras amargas. Harinoso en la carne	Coníferas en ambiente mediterráneo	5,25-6,5 x 4,5 µm	Carne verde azulado con KOH, naranja en la base del estípite
<i>S. fennicus</i>	Harinoso	Coníferas de ambiente continental o montano	6,3-8 x 4,5-6,5 µm	Carne verde azulado con KOH
<i>S. martioflavus</i>	Agradable, fuertemente harinoso	Coníferas	4-5,5 x 4-5 µm	Carne verde oliva con KOH
<i>S. glaucopus</i>	Harinoso	Coníferas	5-5,4 x (3,6-) 4-4,3 µm	-
<i>S. illudens</i>	-	Planifolios	6-7 x 3,5-4,5 µm	-
<i>S. lepidus</i>	Harinoso desagradable	Planifolios	5,8-6,3 x 3,6-4,3 µm	En carne nula con NH <sub>3</sub>

Especie	Olor	Hábitat	Esporas	Reacciones macroquímicas
<i>S. regalis</i>	Harinoso, dulzón o algo afrutado	Planifolios	5,6-6,1 x 4-4,9 µm	-
<i>S. cyrneus</i>	Harinoso, glutamato	<i>Quercus ilex</i> y <i>Quercus suber</i>	6,3-7,3 x 4-5 µm	-
<i>S. dissimulans</i>	Algo aromático. Desagradable	Coníferas. Especie norteamericana	5-6(7) x 4-5 µm	-
<i>S. stereosarcinon</i>	-	Coníferas. Especie norteamericana	4,5-5,3 x 3,5-4,5 µm	En carne subnula con KOH
<i>S. underwoodii</i>	Harinoso	Bosques secos de planifolios	(4,5)5-7 x 4,5-6,5(7) µm	Verde oliva con KOH

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su gratitud a Juan Carlos Zamora por su inestimable colaboración a la hora de conseguir los protólogos consultados, así como por la facilitación de la referencia en el herbario MA-Fungi y sus consejos. A Pablo Pérez Daniëls por la ayuda y su amabilidad en la respuestas a cuantas preguntas le hemos realizado. A Marta Bengoa y Miguel Guara por la traducción de la diagnosis latina. A Gabriel Moreno por las facilidades prestadas para conseguir los números del herbario AH y por sus comentarios acerca de este complicado género. A Eva Barreno por su apoyo personal. A David Lázaro por su ayuda en el manejo del microscopio electrónico de barrido y sus consejos sobre la inferencia bayesiana. A César Morales y Guillermo Muñoz por la meticulosa revisión del artículo que han realizado.

A los compañeros y amigos Alberto Arregui, Alberto Zapata, Andrés Ivorra, Concepción Díaz, José Ignacio Gómez, José Luis Márquez, Juan Carlos Campos, Luis Posadas, M<sup>a</sup> Carmen Bueno, Sergio J. Martín y Violeta Atienza, por facilitarnos material de esta especie de manera desinteresada.

#### BIBLIOGRAFÍA

- ANTONINI, D. & M. ANTONINI (2002). Macromiceti nuovi, rari o specifici della regione mediterranea. *Fungi non delineati* 22: 1-71..
- BAIRD, R.E. (1985). New species of stipitate hydnums from southeastern United States and Mexico. *Mycotaxon* 23: 302.
- BAIRD, R.E. (1986a). *Type studies of North American and other related taxa of stipitate hydnums: Genera Bankera, Hydnellum, Phellodon, Sarcodon*. Ed. J. Cramer, Berlín.
- BAIRD, R.E. (1986b). *Study of the stipitate hydnums from the Southern Appalachian Mountains: Genera Bankera, Hydnellum, Phello-don, Sarcodon*. Ed. J. Cramer, Berlín.
- BAIRD, R.E. & S.R. KHAN (1986). The stipitate hydnums (*Thelephoraceae*) of Florida. *Brittonia* 38 (2): 171-184.
- BANKER, H.J. (1906). A contribution to a revision of the North American Hydnaceae. *Mem. Torrey Bot. Club* 12: 147.
- BREITENBACH, J. & F. KRÄNZLIN (1986). *Champignons de Suisse* 2: 236-237.
- CATALÀ, S. (2010). *Els bolets de la Safor i zones limítrofes*. CEIC Alfons el Vell, Gandía.
- CHENNA, R., H. SUGAWARA, T. KOIKE, R. LÓPEZ, T.J. GIBSON, D.G. HIGGINS &

- J.D. THOMPSON (2003). Multiple sequence alignment with the Clustal series of programs. *Nucleic Acids Res.* 31 (13): 497-500.
- COKER, W.C. & A.H. BEERS (1970). *The stipitate hydnums of the eastern United States*. Ed. University of North Carolina Press.
- FRIES, E. (1874). *Hymenomycetes europaei*. Ed. Altera, Upsala.
- GARDES, M. & T.D. BRUNS (1993). ITS primers with enhanced specificity for basidiomycetes. Application to the identification of mycorrhizae and rusts. *Molecular Ecology* 2: 113-118.
- GELPI, C. & J.M MUÑOZ (2009). *Sarcodon cyrneus*, nueva cita para el Catálogo Micológico Extremeño. *Bol. Soc. Micol. Extremeña* 9: 54-55.
- GERAULT, A. (2005). *Hymenomycetes. Florule Evolutive des Basidiomycotina du Finisterre*. Homobasidiomycetes: 46-47.
- GERHARDT, E., J. VILA & X. LLIMONA (2000). *Hongos de España y Europa. Manual de identificación*. Ed. Omega, Barcelona.
- HARRISON, K.A. (1964). New or little known North American stipitate Hydnums. *Canad. J. Bot.* 42 (9): 1216.
- HARRISON, K.A. (1984). New combinations in the genus *Sarcodon*. *The Michigan Botanist* 23 (2): 76.
- HARRISON, K.A. & D.W. GRUND (1984). A new stipitate *Hydnum* of Nova Scotia. *Mycotaxon* 20 (1): 95.
- HUELSENBECK, J. & F. RONQUIST (2003). MrBAYES 3: Bayesian phylogenetic inference under mixed models. *Bioinformatics* 19: 1572-1574.
- JOHANNESSON, H., S. RYMAN, H. LUNDMARK & E. DANELL (1999). *Sarcodon imbricatus* and *Sarcodon squamosus*. Two confused species. *Mycol. Res.* 103 (II): 1447-1452.
- MAAS GEESTERANUS, R.A. (1967). Quelques champignons hydnoïdes du Congo. *Bull. Jard. Bot. Nat. Belg.* 37: 77-107.
- MAAS GEESTERANUS, R.A. & J.A. NANNFELDT (1969). The genus *Sarcodon* in Sweden in the light of recent investigations. *Svensk Bot. Tidskr.* 63: 401-440.
- MAAS GEESTERANUS, R.A. (1971). Hydnaeous fungi of the eastern Old World. *Verh. K. ned. Akad. Wet., Afd. Natuurkunde* 60(3): 110.
- MAAS GEESTERANUS, R.A. (1974). Hydnaeous fungi of the eastern Old World. Supplement. *Proc. K. Ned. Akad. Wet. Sec. C* 77: 491.
- MAAS GEESTERANUS, R.A. (1975). Die terrestrischen Stachelpilze Europas. *Verh. K. ned. Akad. Wet., Afd. Natuurkunde* 65: 105-110.
- MADDISON, W.P. & D.R. MADDISON (2008). Mesquite: a modular system for evolutionary analysis. Version 2.6. <http://mesquiteproject.org>
- PÉREZ DE GREGORIO, M.Á. (2005). *Sarcodon lepidus* Maas Geest. *Bolets de Catalunya* 24: 1194.
- POSADA, D. (2008). jModelTest: Phylogenetic Model Averaging. *Mol. Biol. Evol.* 25: 1253-1256.
- STALPERS, J.A. (1993). The Aphyllophoraceous fungi I. Keys to the species of the *Thelephorales*. *Stud. Mycol.* 35: 1-168.
- SWOFFORD, D.L. (2002). *PAUP\*: Phylogenetic analysis using parsimony (\*and other methods), version 4.0b10*. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts.
- TABARÉS, M. & A. ROCABRUNA (2002). *Sarcodon joeides* (Pass. Bat.). *Bolets de Catalunya* 21: 1047.
- TAMURA, K., D. PETERSON, N. PETERSON, G. STECHER, M. NEJ & S. KUMAR (2011). MEGA5: Molecular Evolutionary Genetics Analysis using Maximum Likelihood, Evolutionary Distance and Maximum Parsimony Methods. *Molec. Biol. Evol.* (In Press).
- WHITE, T.J., T. BURNS, S. LEE & J. TAYLOR (1990). *Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal DNA genes for phylogenetics*. In M. Innis, J. Gelfand, J. Sninsky & T. White. PCR protocols: A guide to methods and applications: 315-322, Academic Press, Orlando, Florida.