

Cistáceas del Sureste Ibérico con interés por su potencial micorrícico con diversos hongos hipogeos

Pedro Sánchez-Gómez¹, Pilar Torrente¹, Juan Francisco Jiménez¹, José Luis Cánovas¹ & Almudena Gutiérrez²

¹ Departamento de Biología Vegetal, Área de Botánica, Facultad de Biología, Universidad de Murcia, Campus de Espinardo, 30100 Murcia, España.

² Servicio de Experimentación Agroforestal. Universidad de Murcia. Edificio CAID, 30100 Espinardo, Murcia.

Resumen

Correspondencia

P. Sánchez-Gómez

E-mail: psgomez@um.es

Tlf.: +34 868 884999

Recibido: 17 noviembre 2014

Aceptado: 17 marzo 2015

Publicado on-line: 14 abril 2015

Se aborda el estudio de la familia Cistáceas del Sureste Ibérico, profundizando en aspectos relacionados de su simbiosis micorrícica con hongos hipogeos pertenecientes a los géneros *Terfezia*, que representa junto a *Tirmania* la mayoría de las turmas consumidas en el ámbito mediterráneo y de manera secundaria, *Picoa* y *Melanogaster*. Se realiza una síntesis de los datos recopilados en la bibliografía especializada, aportando, además, información de campo, alguna de ella inédita, que viene a incrementar y precisar de forma significativa la información disponible hasta la fecha sobre la relación micorrícica. Destacan los resultados sobre el género *Helianthemum*, que presenta un total de 21 especies, 12 de las cuales tienen constatada la producción de ascocarpos de *Terfezia* en condiciones naturales.

Palabras clave: *Cistaceae*, Micorriza, *Helianthemum*, Hongos hipogeos, *Terfezia*, Trufa del desierto.

Abstract

Cistaceae from Iberian Southeastern with interest by its mycorrhizal symbiosis with hypogeous fungi

A study of the family Cistaceae has been carried out, going into detail about relationships between Southeastern Spain Cistaceae species and hypogeous fungi. Both *Terfezia* and *Tirmania* are the most important and consumed gender in the Mediterranean, while *Picoa* and *Melanogaster* are also collected, although secondarily. A synthesis of bibliographic data has been made. Moreover authors also provide field data, some of them unpublished, which will increase significantly available information related to symbiosis between Cistaceae and mycorrhizal fungi. It is also noteworthy that of the 21 species belonging to *Helianthemum*, an amount of 12 are able to establish symbiotic relationships with *Terfezia* to produce ascocarps in the field.

Key words: *Cistaceae*, Mycorrhiza, *Helianthemum*, Hypogeous fungi, *Terfezia*, Desert truffle.

Introducción

Desde antiguo existen referencias sobre el aprovechamiento de los hongos hipogeos en el contexto de la península ibérica. Aunque se trata de un grupo heterogéneo de hongos pertenecientes a distintos órdenes y familias, en la Antigüedad tal distinción era simplificada, remitiéndose a lo sumo al aspecto y propiedades. En general, en España se les ha llamado trufas o turmas, nombres derivados del latín *tuber* (tumoración), aunque también es frecuente la denominación de criadillas, criadas o patatas de tierra, haciendo referencia al aspecto externo y a su peculiar ecología. En la actualidad, teniendo en cuenta la división del mercado e intentando no confundir al consumidor, existe la tendencia de restringir la denominación de trufa a las diferentes especies del género *Tuber* P. Micheli ex F. H. Wigg., quedando para el resto de géneros y especies más comunes y populares (*Terfezia* (Tul. & C. Tul.) Tul. & C. Tul., *Tirmania* Chatin, *Delastria* Tul. & C. Tul., *Choiromyces* Vittad., *Picoa* Vittad., *Melanogaster* Corda, etc) las otras denominaciones, además de otras muy concretas para *Picoa* (negrillos, monagrillos, negrajones) y *Melanogaster* (naranjones). No obstante, con carácter comercial o de marketing, dada la creciente demanda del mercado, y las expectativas del cultivo de algunas de estas últimas especies, no es raro encontrar en artículos científicos y divulgativos la denominación de “trufas del desierto” en diferentes idiomas.

Sobre el aprovechamiento y propiedades de estos hongos, no exentos de cierta mitología, destacan los comentarios efectuados por Font Quer (1961), que realiza una excelente recopilación y recoge las primeras referencias de Plinio el Viejo en su *Naturalis Historia*, capítulo 2, libro XIX, donde se narran las vicisitudes del propretor de Hispania, Lartius Licinius, al morder una turma procedente de Carthago de Hispania (Cartagena) que tenía incrustado un denario romano; en este mismo texto, ya se destacan las bondades de las turmas africanas. Existen otras referencias clásicas y medievales sobre el consumo y propiedades de las turmas, y son frecuentes las menciones sobre el aprovechamiento y comercio en los territorios de Murcia y aledaños en diversos textos y ordenanzas de los siglos XIV al XIX (Cano-Trigueros 2003). Con posterioridad a Linneo, Asso (1779), citando la obra manuscrita de Cienfuegos

(*Historia de las Plantas*), escrita en la primera mitad del siglo XVII, hace referencia al gran tamaño de las turmas de Murcia, seguidas de las procedentes de Extremadura, y destaca el sabor de las de Madrid. En esta obra se hace referencia por primera vez a la identidad taxonómica de las plantas acompañantes de las turmas, que denomina como *Cistus annuus*, sinónimo ambiguo que abarca las especies actualmente adscritas al género *Tuberaria* (Dunal) Spach y algunos *Helianthemum* Mill. anuales, epíteto, el primero, adjudicado por el propio Plinio a las plantas que acompañaban a las *tuber* romanas. En definitiva, estos datos indican que el consumo de las turmas estaba extendido desde la Antigüedad en enclaves relativamente áridos del Mediterráneo, incluso en zonas micófitas donde el consumo de otro tipo de hongos no era habitual (Font Quer 1961).

Dado el interés económico que suponen los géneros *Terfezia* y *Tirmania* en diversos países del Mediterráneo y Oriente Próximo, existe abundante información bibliográfica relacionada con aspectos taxonómicos, filogenéticos, ecológicos, corológicos, ecofisiológicos y biológicos del grupo, destacando el trabajo de Alsheikh (1994) y los más recientes de Díez *et al.* (2002), Kovács *et al.* (2011), Zambonelli *et al.* (2014) y la monografía efectuada sobre las trufas del desierto a nivel mundial en Kagan-Zur *et al.* (2014).

Respecto al conocimiento de los hongos hipogeos del sur de la península ibérica, se ha avanzado considerablemente en los últimos años. Destaca el trabajo monográfico de Moreno-Arroyo *et al.* (2005) sobre este tipo de hongos en Andalucía, donde se aportan valiosos datos corológicos y ecológicos, resultando de especial interés el trabajo previo de Moreno-Arroyo *et al.* (1997), donde se da a conocer la primera cita europea de *Tirmania pinoyi* (Maire) Malençon en Tabernas (Almería), posteriormente identificada correctamente como *Tirmania nivea* (Desf.) Trappe (Moreno *et al.* 2000) y que posteriormente ha sido considerada como cita de procedencia dudosa por Moreno-Arroyo *et al.* (2005). En los estudios de Bordallo *et al.* (2012, 2013) se dan a conocer nuevas especies de *Terfezia* a partir de la secuenciación del espaciador nuclear ITS, estableciendo una relación filogenética. Son destacables, además, algunos trabajos específicos sobre la caracterización y fisiología de las micorrizas de *Terfezia claveryi* Chatin y *Picoa lefebvrei* (Pat.) Maire con el ende-

mismo del Sureste Ibérico *Helianthemum almeriense* Pau (Gutiérrez *et al.* 2003, Morte *et al.* 2010). A nivel divulgativo, destacan los datos expuestos en <http://www.trufamania.com>. Con carácter general, existe una falta de información considerable respecto a la identidad de las plantas simbiotas, en su mayoría pertenecientes a la familia de las Cistáceas, puesto que la mayor parte de las referencias recogidas sobre estos hongos en la bibliografía científica, no mencionan a la planta, la refieren a nivel genérico, o incluso la identifican de manera errónea. Esta circunstancia y la necesidad de realizar un estudio completo de las plantas turmeras, ya lo puso de manifiesto Lázaro-Ibiza (1908), uno de los escasos trabajos que ha abordado meticulosamente la relación e identificación planta-hongo en el ámbito de la península ibérica, y en el que se describen especies como *Terfezia hispanica* Lázaro Ibiza, *Terfezia pallida* (Lázaro Ibiza) Malençon (*Tuber pallidum* Lázaro Ibiza) y *Terfezia lutescens* (Lázaro Ibiza) Malençon (*Tuber lutescens* Lázaro Ibiza), que han pasado desapercibidas o a la sinonimia, sin una revisión crítica exhaustiva.

En este trabajo se da una relación comentada de las Cistáceas presentes en el Sureste Ibérico que establecen simbiosis con hongos hipogeos, especialmente, los correspondientes al género *Terfezia* que representa, junto a *Tirmania*, la mayoría de las turmas consumidas en el ámbito mediterráneo, si bien, de manera secundaria, también son recolectados, con el mismo fin, el género *Picoa* y marginalmente, el género *Melanogaster*.

Además de los datos recopilados de la bibliografía especializada, se aportan datos de campo, inéditos, que incrementan y matizan la información disponible hasta la fecha.

Material y Métodos

Las prospecciones de campo se realizaron durante los años 2011-2013 en diversas localidades del Sureste Ibérico pertenecientes a las provincias de Albacete, Alicante, Almería, Granada y Murcia, algunas de ellas, seleccionadas a partir de la información previa de recolectores de la zona. Para la mayoría de las especies vegetales se recogieron ejemplares con el fin de evaluar el estado micorrízico, para ello se realizó la tinción de raíces siguiendo la técnica descrita por Phillips & Hayman (1970) modificada, cambiando azul tripán por tin-

ta azul y ácido láctico por ácido acético al 5%. Se siguen las descripciones de Gutiérrez *et al.* (2003) en *Terfezia*, y De Miguel y Sáez (2005) en *Tuber*, para la detección de la colonización micorrízica.

En el caso de las especies protegidas de *Helianthemum* en las que ha sido necesario recolectar muestras, se contó con los permisos pertinentes de los organismos competentes de las comunidades autónomas correspondientes de Murcia y Comunidad Valenciana.

Los datos obtenidos a partir de la revisión bibliográfica, vienen reflejados en los comentarios sobre los géneros y especies.

Resultados y discusión

Generalidades sobre las Cistáceas

La familia Cistáceas se distribuye por las zonas templadas del Hemisferio Norte y América austral pero su máxima diversificación ocurre en la Región Mediterránea. Presenta 8 géneros, 5 de los cuales están ampliamente distribuidos en nuestro territorio, siendo más comunes *Cistus* L., *Fumana* (Dunal) Spach y *Helianthemum*, y, en menor medida, *Tuberaria* (*Xolantha* Raf.) y *Halimium* (Dunal) Spach (Muñoz-Garmendia & Navarro 1993, Arrington & Kubitzki 2003, Sánchez-Gómez & Guerra 2011).

A continuación, en forma de clave dicotómica, se muestran los principales caracteres diferenciadores de los géneros de la familia Cistáceas presentes en el Sureste Ibérico (adaptada de Sánchez-Gómez & Guerra 2011):

1. Cápsula con (4) 5 o más valvas al abrirse. Arbustos, generalmente elevados (cerca de 1 m o mayores) o con flores de 2.5-8 cm de diámetro.....*CISTUS*
 - Cápsula con 3 valvas. Plantas que no reúnen los caracteres anteriormente mencionados.....2
2. Estilos ausentes (estigmas sentados).....3
 - Estilos alargados.....4
3. Planta herbácea.....*TUBERARIA*
 - Planta leñosa.....*HALIMIUM*
4. Estambres periféricos de las flores sin anteras (estériles). Hojas más o menos lineares.....*FUMANA*
 - Estambres periféricos de las flores con anteras (fértils). Hojas de forma diversa.....*HELIANTHEMUM*

Cistus L.

Género distribuido por la Región Mediterránea, hasta el Cáucaso, y Canarias, con un centro de máxima diversidad específica en la península ibérica y Noroeste de África, donde se presentan al-

gunos endemismos. De las 17 especies conocidas, en la península ibérica se presentan 12 especies, de las cuales, 10 están representadas en el cuadrante sureste.

Muchas de estas especies son denominadas como jaras, jaguarzos o estepas y llegan a ser el componente principal de matorrales y sotobosques mediterráneos. Presentan una especial predilección por suelos neutros o silíceos, aunque las hay indiferentes al sustrato. También es destacable el carácter pirofítico de la mayoría de las especies (Martín-Pinto *et al.* 2006, Moretti *et al.* 2006).

En general, las especies del género *Cistus* son objeto de numerosos estudios y ensayos sobre la formación de micorrizas con especies del género *Tuber* (Giovannetti & Fontana 1982). En los típicos jarales mediterráneos, desarrollados sobre suelos silíceos, son los responsables de la presencia de diversas turmas o criadillas denominadas “jareras”, dada la adscripción popular a estas plantas, tal es el caso de representantes de los géneros *Delastria*, *Elaphomyces* Nees o *Choiromyces*. Algunos *Cistus* son considerados desde antiguo (Chatin 1891, 1892), en muchos casos de manera superflua y poco fundamentada, como simbioses de diversas especies de *Terfezia* (Calonge *et al.* 1977, Comandini *et al.* 2006); siendo *Te. leptoderma* Tul & C. Tul. la especie más mencionada en este tipo de ambientes, e incluso relacionándose con otras especies arbóreas, como *Pinus* L. y *Quercus* L. (Diez *et al.* 2002); sin embargo, es muy probable que la mayoría de las referencias relativas a la simbiosis de *Cistus* con *Terfezia*, no hayan sido contrastadas y en realidad, correspondan a simbiosis con especies de *Tuberaria* o *Helianthemum* anuales, abundantes en los prados terofíticos entre los jarales. No obstante, son conocidos los ensayos sobre micorrización en condiciones controladas de turmas con distintos *Cistus* (Alsheikh 1994, Zaretsky *et al.* 2006, Zitouni-Haouar *et al.* 2014).

Del conjunto de especies, destacamos:

Cistus clusii Dunal: Elemento iberoafricano presente en matorrales y romerales sobre todo tipo de sustratos. Presenta una marcada variabilidad, reconocida a nivel subespecífico, aunque estudios recientes podrían avalar la división en varias especies independientes. Es, posiblemente, la especie más extendida en la zona de estudio, dentro del género, teniendo un amplio rango altitudinal y de precipitaciones, así como una marcada indiferen-

cia al sustrato. En el Sureste Ibérico es conocida su asociación con *Melanogaster* aff. *variegatus* (Vittad.) Tul. & C. Tul., cuyo basidiocarpo es conocido popularmente como naranjones en las sierras litorales de Águilas, Lorca y Mazarrón. Su recolección y consumo (en crudo) ha decaído en los últimos años.

Cistus ladanifer L.: Especie muy variable con varias subespecies reconocidas. En sentido amplio, presenta una distribución principalmente iberoafricana. Aparece en matorrales sobre suelos con pH neutro o ácido. En el Sureste Ibérico, dada la escasez de sustratos de naturaleza silícea y la pluviometría reducida, es una especie relativamente escasa. En Murcia es una especie rara, sobre todo presente sobre sustratos esquitosos de la mitad sur, siendo más frecuente hacia la provincia de Albacete en las sierras subbéticas del interior, sobre sustratos silíceos alóctonos y en las estribaciones de Sierra Morena. En las regiones donde abunda, como Andalucía y Extremadura, es considerada como simbionte de diversas especies de hongos hipogeos recolectados, y que suelen denominarse indistintamente como turmas o criadillas jareras, tal es el caso de *Delastria rosea* Tul. & C. Tul., *Elaphomyces granulatus* Fr., *Elaphomyces trappei* Galán & Moreno, *Choiromyces gangliiformis* Vittad. y *Tuber oligospermum* (Tul. & C. Tul.) Trappe (Moreno-Arroyo *et al.* 2005). Calonge *et al.* (1977) lo refieren de manera superflua, al igual que otras especies del mismo género, como simbionte de *Terfezia arenaria* (Moris) Trappe. Además, dentro de la campaña de prospección realizada en el Sureste Ibérico, se ha identificado *Tuber* aff. *melanosporum* Vittad. en raíces de ejemplares procedentes de Socovos (Albacete).

Cistus albidus L.: Elemento del Mediterráneo occidental, frecuente en jarales y matorrales sobre todo tipo de sustratos, abundante en zonas incendiadas, donde suele ser dominante en las primeras etapas de sucesión. Se ha citado como simbionte de especies como *D. rosea*, *M. variegatus*, *Picoa juniperi* Vittad. y *Balsamia vulgaris* Vittad., esta última especie, considerada como de interés para repoblaciones forestales (Moreno-Arroyo *et al.* 2005).

Cistus monspeliensis L., ***Cistus salviifolius*** L., ***Cistus populifolius*** L. y ***Cistus crispus*** L.: Estas especies han sido referidas de manera imprecisa como componentes del matorral, con abundantes hongos hipogeos asociados, entre ellos *Elapho-*

myces citrinus Vittad. (Moreno-Arroyo *et al.* 2005). Algunas de estas especies también han sido señaladas como simbioses de *Te. arenaria* (Calonge *et al.* 1977), y *Terfezia alsheikhii* Kovács, M.P. Martín & Calonge (Bordallo *et al.* 2013).

En otras especies, como *Cistus creticus* L. y *Cistus heterophyllus* Desf., muy próximas a *C. albidus* pero mucho más escasas a nivel peninsular, y *Cistus laurifolius* L., relativamente próxima y coincidente en muchos ambientes con *C. ladanifer*, es presumible la simbiosis con hongos hipogeos similares con los mencionados para las especies emparentadas.

Tuberaria (Dunal) Spach

Género que presenta unas 10 especies distribuidas por el centro y oeste de Europa y Región Mediterránea, con un centro de diversificación en el suroeste de la península ibérica, donde se presentan un total de 8 especies. En el cuadrante sureste, por el contrario, dada la escasez de sustratos silíceos, es un género poco representado, donde llegan a lo sumo 3 especies: *Tuberaria guttata* (L.) Fourr., representada en todo el territorio, *Tuberaria plantaginea* (Willd.) Gallego, muy parecida a la anterior, con la que convive, pero al parecer, más rara y mejor representada en zonas del interior, y *Tuberaria lignosa* (Sweet) Samp, único representante perenne que sólo hemos localizado en el Calar del Mundo (Sánchez-Gómez *et al.* 2014). En general, este género corresponde a hierbas anuales o perennes propias de prados terofíticos o pastizales sobre suelos arenosos o silíceos.

La especie más común y prácticamente la única referida en la bibliografía micológica sobre la simbiosis con hongos hipogeos es *Tu. guttata*, si exceptuamos las referencias a *Tu. plantaginea* (Lázaro-Ibiza 1908) para *Te. hispanica* y *Tu. lignosa* para *Ter. alsheikhii* (Kovács *et al.* 2011); sin embargo, parece lógico pensar que probablemente todas las especies del género forman micorrizas y que la identificación específica corresponde en realidad a una simplificación, extendiéndose, además a algunos *Helianthemum* anuales, muy parecidos morfológicamente a algunas especies de *Tuberaria*, como es el caso de *Helianthemum aegyptiacum* (L.) Mill.

Tu. guttata ha sido indicada como el típico hospedante de todas las especies circunmediterráneas de *Terfezia* y *Tirmania* presentes sobre suelos arenosos (Alsheikh 1994). En la península ibérica,

se ha indicado en *Te. arenaria*, *Te. leptoderma*, *Terfezia fanfani* Mattir. y *Terfezia extremadurensis* Mohedano, Ant. Rodr. & Bordallo, principalmente en diversos puntos del oeste peninsular (Calonge *et al.* 1977, Moreno-Arroyo *et al.* 2005, Bordallo *et al.* 2013). Cabe destacar, además, las referencias a la variabilidad infraespecífica de *Tu. guttata*, asociada a *Te. hispanica* y *Te. pallida* (Lázaro-Ibiza 1908). Ha sido indicada en otros puntos del área mediterránea junto a *Te. claveryi*, *Terfezia olbiensis* Tul. & C. Tul. y *Terfezia boudieri* Chatin (Alsheikh 1994). Se conocen, además, ensayos de micorrización en diversas especies de *Terfezia* y *Tirmania* (Fortas & Chevalier 1992).

Halimium (Dunal) Spach

Género de distribución marcadamente circunmediterránea, con el principal centro de especiación en el oeste de la península ibérica, donde se encuentran 6, del total aproximado de 9 especies. En el Sureste Ibérico tan sólo llegan 2 especies: *Halimium atriplicifolium* (Lam.) Spach subsp. *atriplicifolium*, endemismo del centro y sur peninsular que suele presentarse, siempre de forma minoritaria, en matorrales y sotobosques de suelos preferentemente descarbonatados. *Halimium umbellatum* subsp. *viscosum* (Willk.) O. Bolòs & Vigo, especie iberoafricana, muy escasa, que forma parte de jarales y jaguarzales en sustratos silíceos.

En general, las diversas especies de *Halimium*, raramente son referidas como simbioses de hongos hipogeos, tal vez por el desconocimiento en su identificación. A nivel genérico se cita como asociado a especies de *Macowanites* Kalchbr. en ambientes dunares del suroeste ibérico (Moreno-Arroyo *et al.* 2005). Chatin (1891, 1892) indica *Halimium halimifolium* (L.) Willk. como simbiote de diversas especies de *Terfezia*, si bien, en los mismos trabajos indica también a otras especies de *Cistus*, circunstancia que ya ha sido comentada.

Fumana (Dunal) Spach

Género de óptimo circunmediterráneo, que contiene aproximadamente unas 20 especies, algunas de ellas, de distribución europea, irano-turaniana o sáhara arábiga. En la península ibérica, se reconocen 13 especies, de las cuales 12 están bien representadas en el cuadrante sureste. La mayor parte de las especies corresponden a pequeños caméfitos con una morfología parecida y se presentan en

matorrales muy degradados o sobre litosuelos; muchas de ellas, al menos en el Sureste Ibérico, son más frecuentes en los sustratos de naturaleza básica.

Suelen convivir con otras Cistáceas, sobre todo de los géneros *Cistus* y *Helianthemum*. Sin embargo, no se conoce prácticamente ninguna referencia sobre la simbiosis con hongos hipogeos, salvo las de Chevalier *et al.* (1984), Alsheikh (1994) y Zitouni-Haouar *et al.* (2014), en las que se propicia en cultivo la formación de micorrizas entre diversas especies de *Terfezia* y diferentes géneros y especies de cistáceas, entre ellas, *Fumana procumbens* (Dunal) Gren. & Godr., una de las escasas especies del género que penetra en territorio eurosiberiano. Cabe destacar como novedosas, no obstante, algunas identificaciones de micorrizas realizadas en muestreos propios sobre diversas especies del Sureste Ibérico y una sola constatación de producción de ascocarpos de *Te. claveryi* en dunas fósiles de las proximidades de Montesinos (Alicante), sobre *Fumana hispidula* Loscos & J. Pardo, endemismo ibérico oriental, ampliamente distribuido en litosuelos y arenas.

***Helianthemum* Mill.**

De las 200 especies que tiene la familia a nivel mundial, casi la mitad corresponden al género *Helianthemum*, ampliamente diversificado en la península ibérica, donde actualmente se conocen alrededor de 45 táxones a nivel específico y subspecífico pertenecientes a los subgéneros *Helianthemum* Mill. y *Plectolobum* Willk. Del total de táxones peninsulares, 23 son endemismos ibéricos, 6 son iberoafricanismos, 11 son elementos de distribución mediterránea y 5 presentan un areal eurosiberiano más amplio. En este contexto, el Sureste Ibérico puede considerarse como el principal centro de especiación de este género. De las 21 especies conocidas, 8 son endémicas y 4 son iberoafricanismos, presentando la mayoría un areal muy reducido (López-González 1993, Sánchez-Gómez *et al.* 2011).

Respecto a su ecología, abundan las especies que presentan indiferencia al sustrato; no obstante, destacan diversos táxones con preferencia por sustratos específicos como dolomías, yesos, arenas o ambientes salobres, que a su vez suelen corresponderse con elementos endémicos de areal reducido.

Helianthemum se considera como el principal

género micorrícico de las especies mediterráneas de *Terfezia*, *Tirmania* y *Picoa*. Del total aproximado de 65 táxones circunmediterráneos a nivel específico (Greuter *et al.* 1984) y de acuerdo con el análisis crítico de los datos recopilados por Alsheikh (1994), Danin (2009) y datos propios inéditos, en la actualidad se conocen unas 19 especies mediterráneas de *Helianthemum* asociadas a estos hongos, lo que supone algo más del 29% del total. En Israel y Sureste Ibérico, como ejemplo de zonas mejor muestreadas dentro del ámbito mediterráneo, la cifra corresponde al 58 % y 57 % respectivamente, lo que supone aproximadamente el doble. Por el contrario, llama la atención que en Canarias, un territorio rico en especies de *Helianthemum*, de un total de 15 especies reconocidas, la mayoría endémicas de las islas, tan solo se mencionen 3 (20 %) como simbioses de *Terfezia* o *Picoa*, ninguna de ellas endémica de las islas, siendo *Helianthemum canariense* (Jacq.) Pers. la única especie perenne reconocida (Escobio *et al.* 2010, Bordallo *et al.* 2012). Aunque es evidente que ciertas especies de *Helianthemum* tienen mayor tendencia a la asociación con una o varias especies de estos hongos hipogeos, los datos infieren que existe un desconocimiento significativo sobre la identidad de las plantas turmeras en el mundo mediterráneo.

Dada la importancia del género y su potencialidad como simbioses de *Terfezia*, *Tirmania* y *Picoa*, se presenta una clave dicotómica de las principales especies del género en el ámbito del Sureste Ibérico (adaptada de Sánchez Gómez & Guerra 2011 y López-González 1993):

1. Plantas herbáceas, anuales2
 - Plantas leñosas, al menos en la base, perennes6
2. Plantas glandular-pubescentes*He. sanguineum*
 - Plantas desprovistas de pelos glandulíferos3
3. Cáliz amarillento, membranáceo. Pedicelos fructíferos filiformes, reflejos*He. aegyptiacum*
 - Cáliz verdoso, herbáceo. Pedicelos fructíferos no filiformes, erectos o patentes4
4. Inflorescencia escorpioidea, densa. Cápsula netamente elipsoidal*He. angustatum*
 - Inflorescencia no escorpioidea, laxa. Cápsula ovoidea o globosa5
5. Cápsulas con pedicelo delgado, patente, de longitud superior a la mitad del cáliz*He. salicifolium*
 - Cápsula con pedicelo grueso, erecto, de longitud igual a la mitad del cáliz*He. ledifolium*
6. Botones florales ovoideos, muy vellosos, que aparentan la cabeza de un gato. Semillas foveoladas cerebriformes*He. caput-felis*
 - Botones florales de otra manera. Semillas de apariencia diferente7

7. Hojas con estípulas, a veces caedizas las de las hojas inferiores. Flores amarillas o blancas, por lo general mayores de 12 mm de diámetro8
- Hojas sin estípulas, al menos las inferiores. Flores amarillas, por lo general, menores de 12 mm de diámetro; si mayores, todas las hojas sin estípulas19
8. Plantas que presentan inflorescencias ramosas, a veces con inflorescencias simples en la misma planta ...9
- Plantas que presentan inflorescencias simples, no ramosas13
9. Hojas planas cubiertas de escamas peltadas plateadas*He. squamatum*
- Hojas con margen revoluto, cubiertas de pelos de diferentes tipos10
10. Sépalos internos con costillas poco prominentes11
- Sépalos internos con costillas muy prominentes, setoso-hispidas12
11. Sépalos internos con 2 (3) costillas. Sépalos externos lanceolados, generalmente con margen ciliado*He. syriacum*
- Sépalos internos con 3-4 (5) costillas. Sépalos externos lineares sin margen ciliado*He. motae*
12. Inflorescencia densa, sépalos internos con espacios intercostales generalmente pelosos. Ambientes nitrificados*He. hirtum*
- Inflorescencia laxa, sépalos internos con espacios intercostales glabrescentes. Dunas interiores*He. guerrae*
13. Tallos cubiertos por pelos glandulares. Flores blancas*He. viscarium*
- Tallos sin pelos glandulares o imperceptibles. Flores blancas o amarillas14
14. Hojas glabras o glabrescentes15
- Hojas netamente pelosas17
15. Flores generalmente amarillas. Pedicelos florales hispídicos*He. alypoides*
- Flores blancas. Pedicelos florales glabros o pubescentes16
16. Hojas generalmente agudas, carnosas, con nervio central muy prominente. Planta de dunas costeras.....*He. marminorense*
- Hojas sin estos caracteres reunidos. Indiferente edáfica*He. almeriense*
17. Sépalos internos con las costillas sin pelos fasciculados o con pelos de longitud inferior al espacio intercostal*He. violaceum*
- Sépalos internos con las costillas cubiertas de pelos fasciculados de longitud igual o superior al espacio intercostal18
18. Sépalos internos glabros, brillantes, salvo las costillas. Flores blancas*He. asperum*
- Sépalos internos con tomento o pubescencia de pelos estrellados. Flores blancas o amarillas ..*He. appeninum*
19. Todas las hojas sin estípulas, flores por lo general mayores de 12 mm de diámetro. Plantas de suelos con cierta salinidad*He. polygonoides*
- Hojas superiores de los tallos floríferos a veces estipuladas, flores menores de 12mm de diámetro. Plantas de otros ambientes(Subgén. *Plectolobum*) 20
20. Tallos más o menos procumbentes. Hojas de base cuneada, elípticas, lanceoladas o linear lanceoladas.....*He. oelandicum* subsp. *incanum*
- Tallos más o menos ascendentes. Hojas de base cordada, redondeada o truncada, raramente cuneada ...21

21. Hojas de ovadas o elípticas a oblongo-lanceoladas o lanceolado-espatuladas, no dispuestas en roseta. Inflorescencia simple, raramente con ramas geminadas.....*He. marifolium* s.l.
- Hojas de ovadas u ovado-elípticas a oblongo-lanceoladas, raramente suborbiculares, dispuestas en roseta. Inflorescencia ramosa, corimbiforme o paniculiforme, raramente simple.....*He. cinereum* s.l.

De todas las especies se realizan comentarios a nivel individual o colectivo sobre los datos existentes sobre su asociación micorrícica o potencialidad. En términos generales, el mayor número de especies asociadas a los hongos hipogeos se encuadran dentro del subgénero *Helianthemum*, sección *Helianthemum*, no existiendo prácticamente referencias en los táxones incluidos en el subgénero *Plectolobum*.

Helianthemum aegyptiacum (L.) Mill.: Especie ampliamente distribuida en el entorno del Mediterráneo y zonas próximas. Forma parte de prados terofíticos sobre suelos arenosos o silíceos, siendo más frecuente en el centro y oeste de la península ibérica, donde suele acompañar a otros *Helianthemum* anuales, y sobre todo, a diversas especies de *Tuberaria*, especies con las cuáles posiblemente ha sido confundida, pasando inadvertida. En el cuadrante sureste es bastante escasa. Tan sólo se conoce una referencia como especie simbiote con *Tuber albidum* Picco en la zona de Valdemorillo (Madrid) (Lázaro-Ibiza 1908), especie que actualmente correspondería a *Tuber borchii* Vittad., sin embargo, muy probablemente se deba a una determinación errónea y en realidad pudiera tratarse de una *Terfezia*.

Helianthemum angustatum Pomel [*He. villosum* auct.]: Elemento iberoafricano propio de suelos arenosos y arcillas de descalcificación, indicado en Fuerteventura, y cuya presencia no podemos confirmar en dicho territorio, ha sido relacionado en Canarias en asociación con *Te. boudieri* (Escobio *et al.* 2010). Su presencia, al igual que otras especies próximas como *Helianthemum papillare* Boiss., puede pasar desapercibida, siendo confundido habitualmente con *Helianthemum ledifolium* (L.) Mill. y *Helianthemum salicifolium* (L.) Mill.

Helianthemum sanguineum (Lag.) Lag. ex Dunal: Elemento del Mediterráneo occidental y de similar ecología a la especie anterior, siendo muy escaso en el Sureste Ibérico, pudiendo pasar desapercibido como simbiote de *Terfezia*, aunque probablemente presente un potencial micorrícico similar a las otras especies anuales del género.

Helianthemum salicifolium (L.) Mill.: Especie de amplia distribución mediterránea, muy frecuente en prados terofíticos más o menos nitrificados de todo el territorio. Presenta un amplio espectro ecológico en cuanto a la altitud, pluviometría y naturaleza del sustrato. En el ámbito mediterráneo, se ha indicado como simbiote de diversas especies de *Tirmania* y *Terfezia*, constituyendo probablemente una de las especies más referidas, sobre todo en Oriente Próximo (Alsheikh 1994); sin embargo, Danin (2009), buen conocedor de la Flora de Israel, al referirse a los *Helianthemum* productores de turmas en esa región, considera que probablemente su fama como especie productora de turmas corresponde a confusiones con *He. ledifolium*. Esta especie y *He. ledifolium* han sido consideradas para ensayos de micorrización con *Terfezia* (Awameh 1981, Alsheikh 1984, Dexheimer *et al.* 1985, Zitouni-Haouar *et al.* 2014). En la península ibérica ha sido mencionado como simbiote de *P. lefebvrei*, *Te. claveryi*, *Te. alsheikhii* y *Te. hispanica* (Lázaro-Ibiza 1908, Moreno-Arroyo *et al.* 2005, Kovács *et al.* 2011). En prospecciones de campo dentro del ámbito del Sureste Ibérico se ha podido corroborar la presencia en las dos primeras, si bien se ha observado en las localidades prospectadas, que habitualmente desarrollan ascocarpos menores que en *He. ledifolium*.

Helianthemum ledifolium (L.) Mill.: Presenta una ecología y distribución parecida a *He. salicifolium*, habiendo sido indicada igualmente junto a especies de *Terfezia* y *Tirmania* (Alsheikh 1994, Danin 2009). A veces es referida como *Helianthemum apertum* Pomel o subordinada como subespecie en el norte de África. En la península ibérica, presenta al menos simbiosis con *P. lefebvrei* y *Te. claveryi*; no obstante, tal como se ha indicado, la productividad y el tamaño de los ascocarpos, parece mayor al menos en el caso de *Terfezia*.

Helianthemum squamatum (L.) Dum. Cours.: Elemento iberoafricano ampliamente distribuido en matorrales sobre suelos yesíferos de toda la mitad oriental de la península ibérica y en Argelia. Lázaro-Ibiza (1908) menciona simbiosis con *Te. hispanica* en la localidad castellana de Valderrábanos, indicando que en el lugar se le llama criadilla de churra. Moreno *et al.* (2000) indican su asociación con *P. lefebvrei*. En el Sureste Ibérico se ha constatado la simbiosis con *Te. claveryi* en una población de Aledo (Murcia), si bien, los ascocarpos eran de tamaño menor a los habituales en zo-

nas próximas producidos en simbiosis con *He. almeriense*.

Helianthemum syriacum (Jacq.) Dum. Cours.: Elemento de amplia distribución mediterránea que presenta una marcada variabilidad morfológica. Puede considerarse como la especie más versátil dentro del género, conquistando matorrales que van desde los sustratos arenosos próximos al mar, hasta litosuelos en estepas yesosas y dolomías del interior peninsular. Desde el punto de vista taxonómico, al igual que la especie anterior, se encuentra relativamente aislado, por lo que no son frecuentes las hibridaciones con otras especies. A pesar de su abundancia, tan sólo se ha podido detectar una población simbiote con *Te. claveryi* en la zona de Aledo (Murcia).

Helianthemum hirtum (L.) Mill.: Elemento distribuido por el suroeste de Europa y norte de África, donde presenta cierta variabilidad subespecífica. En la península ibérica es una especie relativamente común, donde forma parte de matorrales en suelos nitrificados, ribazos y cultivos abandonados. Indiferente edáfico, aunque en el Sureste Ibérico es frecuente en suelos sueltos y arenosos y arcillas de descalcificación, sobre todo en las zonas del interior.

Existen algunas referencias, dentro del rango de variabilidad de la especie en el norte de África, sobre la asociación con *Ti. pinoyi* y *Ti. nivea*, y con *Te. boudieri* (Maire 1907, Khabar *et al.* 2001), además de la micorrización *in vitro* con *Te. claveryi* (Torrente *et al.* 2009).

En algunos enclaves donde se recolecta *Te. claveryi*, está considerado como una buena especie productora, aunque en general su producción y el tamaño de los ascocarpos suele ser inferior a los producidos con *He. almeriense*, *Helianthemum violaceum* (Cav.) Pers. y *Helianthemum viscarium* Boiss. & Reut.. Dado que suele presentar una fenología más tardía, la fructificación de los ascocarpos en esta especie es posterior a la de las otras especies mencionadas que conviven en la misma zona.

Helianthemum viscarium Boiss. & Reut.: Especie de distribución iberoafricana, presente en el sureste peninsular dentro de las provincias de Murcia, Alicante y Almería, donde se presenta en enclaves y sierras litorales y sublitorales, llegando a Bullas y Cehegín (Murcia) como localidades más interiores. Se presenta en matorrales sobre diversos tipos de sustratos, como filitas, dunas fós-

les, margas y calizas. Puede hibridar e introgregirse con especies próximas como *He. almeriense* (*He. guiraoi* Willk.) y *He. violaceum* (*He. lucentinum* M.B. Crespo & Cristóbal). Gutiérrez (2001) describe la micorriza en vivero de esta especie con *Te. claveryi* y *P. lefebvrei*. Localmente, en la zona de Cehegín y Bullas es la principal especie turmera, encontrándose como simbiontes, indistintamente, *Te. claveryi* y *P. lefebvrei*. En esta zona es destacable la percepción de los recolectores de un olor intenso de la planta en floración, cuando la producción de turmas es abundante. También se ha detectado su simbiosis con *Te. claveryi* en la zona costera murciana. Dado el vigor de la planta y la capacidad de micorrización, es sin duda alguna, una de las principales especies a tener en cuenta para ensayar la producción de diferentes especies de *Terfezia*.

Helianthemum almeriense Pau: Elemento de óptimo Murciano-Almeriense. Forma parte de matorrales sobre distintos tipos de sustrato, preferentemente en cotas medias y bajas no muy lejanas al mar, si bien puede penetrar al interior por los campos de Lorca y Puerto Lumbreras. Las estirpes presentes en Murcia corresponden, en su mayoría, a la subsp. *scopulorum* (Rouy) Alcaraz, T.E. Díaz, Rivas-Mart. & Sánchez Gómez, con tallos tomentosos; aunque algunas poblaciones del interior, totalmente glabras, se aproximan a la subsp. *almeriense*. Introgrede al menos con *He. viscarium*, *Helianthemum appeninum* subsp. *cavanillesianum* (M. Laínz) G. López, *Helianthemum alypoides* Losa & Rivas Goday (*He. x mariano-salvatoris* Rivas Mart. et al.), *He. violaceum* y con *Helianthemum marminorense* Alcaraz, Peinado & Mart. Parras, especie ésta última, muy relacionada. La especie mencionada como *Helianthemum rigualii* Alcaraz et al. nom. nud., parece corresponder a formas próximas a *He. almeriense*, propia de zonas próximas al mar, con ramificaciones intrincadas e inflorescencias paucifloras. Se ha indicado como la especie más frecuente como productora de *Te. claveryi* y también es frecuente la presencia de *P. lefebvrei*, de ahí que en numerosos lugares del Sureste Ibérico donde existe tradición en la recolección de turmas, sea denominada como mata turmera (Cano-Trigueros 2003, Gutiérrez et al. 2003). Recientemente, ha sido indicada como simbionte de *Terfezia eliocrocae* Bordallo, A. Morte & Honrubia, procedente de la comarca de Lorca (Murcia) (Bordallo et al. 2013). En Gu-

tiérrez (2001), se describe la micorriza en vivero de esta especie con *Te. claveryi* y *P. lefebvrei*. *He. almeriense* es la especie que se utiliza básicamente para producir *Terfezia* (Cano et al. 1991, Morte et al. 1994, Honrubia et al. 2007, Morte et al. 2008, Morte et al. 2009, Morte & Andrino 2014).

Helianthemum violaceum (Cav.) Pers. [*He. pilosum* (L.) Pers.]: Especie de amplia distribución por el centro y oeste de la Región Mediterránea. Se presenta en matorrales de diversa naturaleza en un rango altitudinal relativamente amplio, aunque es más frecuente en cotas medias y bajas. Especie muy variable que introgrede con diversas especies de la misma sección con las que convive. Se conocen diversas referencias sobre su asociación con *Te. arenaria* (Alsheikh 1994) y *Te. claveryi* (Cano-Trigueros 2003, Morte et al. 2009). Se trata de una especie muy reputada como turmera, especialmente en las zonas del interior, donde *He. almeriense* es más escaso o no se presenta como ocurre en las zonas interiores de Lorca y cotas medias de Moratalla y Caravaca. Se ha indicado como simbionte de *Te. claveryi* y *P. lefebvrei* (Cano-Trigueros 2003) y, recientemente, de *Te. eliocrocae* (Bordallo et al. 2013).

Helianthemum appeninum (L.) Mill.: Especie distribuida por la Región Mediterránea y territorios próximos, ampliamente representada en la península ibérica, donde se presentan diversas subespecies, algunas de ellas, endémicas. En general, forma parte de matorrales con amplio espectro edafoclimático, si bien son frecuentes en ambientes relativamente alterados donde el pastoreo es frecuente. En el Sureste Ibérico podemos reconocer al menos la subsp. *cavanillesianum* (M. Laínz) G. López [*He. croceum* auct.] de flores amarillas, que se presenta sobre todo en montañas del interior. Las razas de flores blancas pudieran incluirse dentro de la subsp. *appeninum*, de amplio areal, mientras que la subsp. *suffruticosum* (Boiss.) G. López ha sido citada en zonas del interior, generalmente en cotas más bajas que la anterior. En general, este agregado hibrida e introgrede con cierta facilidad con especies de la misma sección y son difícilmente distinguibles de otras especies próximas como *Helianthemum asperum* Lag. ex Dunal, citada en diversos puntos, sobre todo interior de Murcia y zonas manchegas. A veces, ha sido confundido con *Helianthemum nummularium* (L.) Mill., especie de amplia distribución euroasiática que difícilmente llega a la mitad

sur peninsular, salvo Sierra Nevada.

Existen referencias sobre la formación de micorrizas *in vitro* de *He. appeninum* con varias especies de *Terfezia* (Ravolanirina 1986). La referencia sobre la simbiosis de *Te. hispanica* y *Helianthemum vulgare* Gaertn. (Lázaro-Ibiza 1908), procedente de Calzada de Calatrava (Ciudad Real), probablemente no corresponda a *He. nummularium*, que no llega a esa zona, sino a *He. appeninum* o a *He. asperum*.

Helianthemum cinereum (Cav.) Pers.: Especie muy polimorfa, presente en el centro y oeste de la Región Mediterránea, que llega a buena parte de la península ibérica, sobre todo en el centro y mitad oriental, donde son más frecuentes los sustratos de naturaleza básica. En el Sureste Ibérico podemos distinguir la subsp. ***cinereum***, endemismo del cuadrante sureste que presenta hojas tomentosas por el haz y envés. La subsp. ***rotundifolium*** (Dunal) Greuter & Burdet, con hojas generalmente glabras en el haz, se presenta en una amplia zona peninsular, quedando relegada en el sureste, a zonas del interior. La subsp. ***hieronymi*** (Sennen) G. López, de hojas generalmente glabrescentes, a veces con pelos setosos, es un endemismo de Sierra Espuña y alrededores, Sierra de la Pila y montañas del sur de Albacete. La subsp. ***guadicianum*** (Font Quer & Rothm.) G. López se da en matorrales en sustratos calizos y margo-yesíferos de zonas continentales de influencia bética de la zona oriental de Andalucía y zonas colindantes de Murcia. Es frecuente, que en las zonas de solapamiento de las diversas subespecies, se observen formas intermedias.

De esta especie no existen referencias sobre simbiosis con hongos hipogeos, salvo las de Lázaro-Ibiza (1908) al referirse escuetamente a *Helianthemum paniculatum* Dunal, correspondiente en la actualidad a *He. cinereum* subsp. ***rotundifolium***, indicando la presencia de *Te. hispanica* en la localidad de Valderrábanos (Palencia) y de *Te. pallida* en Calzada de Calatrava, lo que abre las puertas a una posible vía de investigación, unido a los prometedores resultados de las prospecciones de campo que indican la presencia de abundante colonización ectendomicorrícica en diversas muestras de la subsp. ***rotundifolium***, y, sobre todo, de la subsp. ***hieronymi***, procedentes de Sierra Espuña (Murcia).

Otras especies del subgénero *Plectolobum* relativamente próximas son ***Helianthemum marifo-***

lium (L.) Mill., una especie muy variable del Mediterráneo occidental que, dependiendo de los autores, incluye varias subespecies, muchas de ellas endémicas de la parte oriental peninsular. ***Helianthemum oelandicum*** (L.) Dum. Cours. corresponde a un taxon relativamente polimorfo, distribuido en Europa y Asia Menor. En el Sureste Ibérico se presenta la subsp. ***incanum*** (Willk.) G. López [*He. canum* (L.) Hornem.], sobre todo en zonas de alta montaña, descendiendo en altitud hacia La Mancha. Dentro de este grupo ha quedado fuera del objetivo de este trabajo, el endemismo bético *Helianthemum viscidulum* Boiss., presente sobre dolomías de las sierras granadinas orientales y malagueñas.

Otras especies muy raras o endémicas del Sureste Ibérico, de interés por su potencialidad, y de las que hasta la fecha no se han encontrado hongos hipogeos asociados son:

Helianthemum caput-felis Boiss.: Elemento del Mediterráneo occidental, que llega a formaciones dunares y matorrales marítimos del Sureste Ibérico y Baleares, donde es considerada una especie amenazada, debido a la reducción, fragmentación y alteración de su hábitat. Corresponde a una especie aislada filogenéticamente del resto de las especies del sureste. Aunque no hay constancia de fructificaciones asociadas a esta planta, las raíces analizadas (datos inéditos) indican la presencia de una colonización ectendomicorrícica típica de estos hongos.

Helianthemum polygonoides Peinado, Mart. Parras, Alcaraz & Espuelas: Endemismo de zonas endorreicas salobres de las proximidades de Tobarra (Albacete). Dada su rareza, no se conocen hasta el momento hongos hipogeos asociados, pero teniendo en cuenta su tolerancia relativa a la salinidad y aridez, es una especie potencial que presenta cierto interés.

Helianthemum guerrae Sánchez Gómez, J.S. Carrión & M.Á. Carrión: Corresponde a un endemismo de dunas interiores de las provincias de Alicante, Albacete y Murcia. Puede hibridar con especies próximas de la secc. *Helianthemum*, tales como *He. hirtum* o *He. appeninum*. Dada su rareza, no se han encontrado hasta el momento ascocarpos asociados, pero ensayos experimentales, objeto de otros trabajos más detallados, ponen en evidencia el extraordinario potencial como especie productora de *Terfezia*.

Helianthemum alypoides Losa & Rivas Goday: Gipsófito endémico de la comarca de Sorbas (Almería). Corresponde a una especie de gran tamaño y vigor que convive habitualmente con *He. almeriense*, con el cual puede presentar formas introgresivas, anteriormente mencionadas. Aunque no conocemos referencias sobre la supuesta relación simbiote con hongos hipogeos, es muy probable que se presente asociado con *Terfezia* y *Picoa*. Su gran vigor y su adaptación a condiciones edafoclimáticas desfavorables, hacen de esta especie, una candidata excepcional para futuras investigaciones sobre la producción en cultivo de diversas especies de trufas del desierto.

Helianthemum marminorense Alcaraz, Peinado & Mart. Parras: Corresponde a un endemismo sabulícola, propio de matorrales en dunas costeras del este de Murcia y zonas colindantes. Relativamente próxima a *He. almeriense* y *He. violaceum*, del que se han observado algunas formas introgresivas con las especies que convive. Hasta el momento no se han encontrado evidencias sobre la producción de ascocarpos, probablemente, debido a su rareza, si bien, es una especie adaptada a suelos ligeramente salinos y pobres, lo que la hacen una buena candidata para ensayos de cultivo para la producción de turmas, tal como lo pone de manifiesto el análisis de sus raíces en diversas poblaciones de su área de ocupación.

Helianthemum motae Sánchez Gómez, J.F. Jiménez & J.B. Vera: Constituye un endemismo del suroeste de Murcia y zonas colindantes de Almería. Se presenta en matorrales sobre suelos empobrecidos, ricos en metales pesados o subsalinos. Las prospecciones de campo no han dado resultados positivos en cuanto a la producción de ascocarpos, si bien es una especie de gran vigor, muy bien adaptada a condiciones edafoclimáticas extremas, al igual que ocurre con otras especies próximas del litoral mediterráneo, y dado que los ejemplares evaluados presentan una elevada colonización ectendomicorrícica, podría convertirse en una buena candidata para ensayos de cultivo con inoculación de esporas para la producción de turmas.

Conclusiones

El Sureste Ibérico tiene un gran número de representantes de la familia de las Cistáceas, siendo los mejores representados los géneros *Fumana* y *Helianthemum*; no obstante, el género de mayor inte-

rés respecto a la asociación con ascomicetes hipogeos con posible interés económico, es sin duda alguna, *Helianthemum*.

Tras una búsqueda bibliográfica y los datos obtenidos en las prospecciones de campo, se ha constatado que 12 de las 21 especies de *Helianthemum* del Sureste Ibérico, presentan producción de ascocarpos asociada. Los datos sugieren que muy probablemente, una prospección exhaustiva pudiera aumentar el número de especies de *Helianthemum* asociadas a estos hongos, datos que además vienen avalados por la observación de colonización ectendomicorrícica en la mayoría de las especies muestreadas, tal como ya se apunta en Torrente *et al.* (2013), que serán objeto de otros estudios más específicos. Es conveniente matizar que la fructificación del hongo está ligada estrechamente a unas condiciones atmosféricas determinadas (sobre todo al régimen de precipitaciones), que no siempre se dan.

Los datos obtenidos de la bibliografía sobre las especies de hongos asociadas, sobre todo en lo relativo al género *Terfezia*, indican que a pesar de los avances en las técnicas moleculares para la identificación y filogenia de los táxones, se detecta una falta de homogeneidad en el tratamiento taxonómico del género, donde, dependiendo de los casos, adquieren importancia los datos morfológicos, los moleculares o los ecológicos; si bien, quedan poco precisos, en muchos casos, los relativos a la asociación hongo-planta.

Si tal como apuntan Kovács *et al.* (2011), ciertos grupos de especies de *Terfezia* pudieran estar en proceso de especiación, es razonable pensar que muy probablemente dicha evolución esté relacionada con la de las plantas asociadas, más si se tiene en cuenta que dentro del género *Helianthemum*, por ejemplo, existen procesos evolutivos relativamente recientes que están llevando a la especiación de diversos edafoendemismos de areal reducido (Sánchez-Gómez *et al.* 2011).

Son necesarios, por tanto, estudios multidisciplinarios donde se integren los avances en los conocimientos de la planta y del hongo, que sin duda alguna, llevarán al incremento del número de táxones conocidos para la ciencia.

Los datos aportados serán útiles en futuras investigaciones aplicadas respecto al cultivo de Cistáceas micorrizadas, tanto para la obtención de turmas para consumo humano, como para labores de restauración forestal en zonas adecuadas.

Agradecimientos

Agradecemos a Alberto Pérez, los valiosos datos aportados sobre la producción de turmas en la comarca de Bullas-Cehegín, además de la cesión de algunas fotografías. Gregorio Rabal nos indicó interesantes comentarios sobre la recolección de *Melanogaster* en Murcia. Luis Cánovas nos refirió datos sobre las plantas asociadas a las turmas en la comarca de Aledo-Totana. Asunción Morte hizo una revisión crítica del manuscrito.

Este trabajo se ha financiado parcialmente con los proyectos CGL2011-29816 y CGL2011-30099 del Ministerio de Economía y Competitividad.

Referencias

- Alsheikh AM. 1994. Taxonomy and mycorrhizal ecology of the desert truffles in the genus *Terfezia*. Ph.D. dissertation. Oregon State University, Corvallis.
- Arrington JM & Kubitzki K. 2003. Cistaceae. In *The Families and Genera of Vascular Plants, Vol. V. Flowering Plants. Dicotyledons: Malvales, Capparales and Non-betalain Caryophyllales* (Kubitzki K & Bayer C, eds.). Springer-Verlag, Berlin, pp: 62-70.
- Asso I. 1779. *Synopsis stirpium indigenarum Aragoniae*. Marsella.
- Awameh SM. 1981. The response of *Helianthemum salicifolium* and *H. ledifolium* to the infection by the desert truffle *Terfezia boudieri*. *Mushroom Sciences*. XI. Part II. Proceedings of the 11th International Congress on the Cultivation of Edible Fungi, Sydney, Australia, pp: 843-853.
- Bordallo JJ, Rodríguez A, Honrubia M & Morte A. 2012. *Terfezia canariensis* sp. nov. una nueva especie de trufa encontrada en las Islas Canarias. *Cantarella* 56: 1-8.
- Bordallo JJ, Rodríguez A, Muñoz-Mohedano JM, Suz LM, Honrubia M & Morte A. 2013. Five new *Terfezia* species from the Iberian Peninsula. *Mycotaxon* 124: 189-208.
- Calonge D, de la Torre M & Lawrynowicz M. 1977. Contribución al estudio de los hongos hipogeos de España. *Anales del Instituto Botánico A. J. Cavanilles* 34 (1): 15-31.
- Cano A, Honrubia M & Molina-Niñirola C. 1991. Mycorrhizae in semi-arid ecosystems: synthesis of mycorrhizae between *Terfezia claveryi* Chat., *Picoa juniperi* Vit. and *Helianthemum almeriense* (Cistaceae). 3rd European Symposium of Mycorrhizae Sheffield, UK.
- Cano Trigueros FF. 2003. Conocimiento y aprovechamiento popular de un recurso alimenticio de los montes murcianos: los hongos del género *Terfezia*. *Lactarius*, 12: 35-53.
- Chatin A. 1891. Contribution a l'histoire botanique de la truffe. Deuxième note: Terfâs ou truffes d'Afrique (et d'Arabie), genres *Terfezia* et *Tirmania*. *Comptes Rendus de l'Académie des sciences, Paris, sér. 3, Sci. Vie.* 112: 136-141.
- Chatin A. 1892. *La Truffe*. J.B. Baillie`re et fils, Paris, France. 330 pp.
- Chevalier G, Rioussel L, Dexheimer J & Dupré C. 1984. Synthèse mycorrhizienne entre *Terfezia leptoderma* Tul. et diverses Cistacées. *Agronomie* 4: 201-211.
- Comandini O, Contu M & Rinaldi AC. 2006. An overview of Cistus ectomycorrhizal fungi. *Mycorrhiza* 16: 381-395.
- Danin A. 2009. *Plant Stories, Chapter E (Part 6): Truffles*. The Hebrew University of Jerusalem, Jerusalem, Israel. Disponible en http://flora.org.il/books/useful_plants_e6/ (accedido el 1-X-2014).
- De Miguel AM & Sáez R. 2005. Algunas micorrizas competidoras de plantas truferas. *Publicaciones de Biología, Universidad de Navarra, Serie Botánica*, 16: 1-18.
- Dexheimer J, Gerard J, Leduc JP & Chevalier G. 1985. An ultrastructural comparison of mycorrhizal symbioses of *Helianthemum salicifolium*-*Terfezia claveryi* and *Helianthemum salicifolium*-*Terfezia leptoderma*. *Canadian Journal of Botany* 63: 582-591.
- Díez J, Manjon JL & Martin F. 2002. Molecular phylogeny of the mycorrhizal desert truffles (*Terfezia* and *Tirmania*), host specificity and edaphic tolerance. *Mycologia* 94: 247-259.
- Escobio VJ, Rodríguez CC, Becerra D & Jorge S. 2010. Nuevos datos acerca de la distribución de hongos hipogeos en las Islas Canarias. En *Actas XIX Coloquio de Historia Canario-Americana* (Morales F, coord.). Las Palmas de Gran Canaria, Cabildo de Gran Canaria, pp: 582-596.
- Font Quer P. 1961. *Plantas Medicinales. El Dioscórides renovado*. Editorial Labor. Barcelona. 1033 pp.
- Fortas Z & Chevalier G. 1992. Effects des conditions de culture sur la mycorrhization de l'*Helianthemum guttatum* par trois espèces de terfez des genres *Terfezia* et *Tirmania* d'Algerie. *Canadian Journal of Botany* 70: 2453- 2460.
- Giovannetti G & Fontana A. 1982. Mycorrhizal synthesis between Cistaceae and Tubercaceae. *New Phytologist* 92: 533-537.
- Greuter W, Burdet HM & Long G. 1984. *Med-Checklist. 1. Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève, Genève, Genève*. 330 pp.
- Gutiérrez A. 2001. Caracterización, identificación y cultivo en campo de las trufas del desierto. Tesis Doctoral Universidad de Murcia.
- Gutiérrez A, Morte A & Honrubia M. 2003. Morphological characterization of the mycorrhiza formed by *Helianthemum almeriense* Pau with *Terfezia claveryi* Chatin and *Picoa lefebvrei* (Pat.) Maire. *Mycorrhiza* 13: 299-307.
- Honrubia M, Morte A & Gutiérrez A. 2007. Capítulo 10. Las Terfezias. Un cultivo para el desarrollo rural en regiones áridas y semiáridas. En *Truficultura. Fundamentos y Técnicas* (Reyna S, coord.). Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, pp: 365-397.
- Kagan-Zur V, Roth-Bejerano N, Sitrit Y & Morte A. (eds). 2014. *Desert Truffles, Soil Biology* 38. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Netherlands. 397 pp.

- Khabar L, Najim L, Janex-Favre MC & Parguey-Leduc A. 2001. Contribution à l'étude de la flore mycologique du Maroc. Les truffles marocaines (Discomycetes). Bulletin de la Société Mycologique de France 117 (3): 213-229.
- Kovács GM, Balázs TK, Calonge FD & Martín MP. 2011. The diversity of Terfezia desert truffles: new species and highly variable species complex with intraspecific nrDNA ITS heterogeneity. Mycologia, 103 (4): 841-853.
- Lázaro Ibiza B. 1908. Nuevos tuberáceos de España. Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Madrid, 4: 5-30, 801-826. Madrid.
- López González G. 1993. Helianthemum Mill. En Flora iberica, vol. III (Castroviejo S, Aedo C, Cirujano S, Laínz M, Montserrat P, Morales R, Muñoz-Garmendia F, Navarro C, Paiva J & Soriano C, eds.). Real Jardín Botánico, CSIC, Madrid, pp: 365-421.
- Maire R. 1907. Contribution à l'étude de la flore mycologique de l'Afrique du Nord. Bulletin de la Société Botanique de France 53: 180-215.
- Martín-Pinto P, Vaquerizo H, Peñalver F, Olaizola J & Oria de Rueda JA. 2006. Early effects of a wildfire on the diversity and production of fungal communities in Mediterranean vegetation types dominated by Cistus ladanifer and Pinus pinaster in Spain. Forest Ecology and Management 225: 296-305.
- Moreno G, Díez J & Manjón JL. 2000. Picoa lefebvrei and Tirmania nivea, two rare hypogeous fungi from Spain. Mycological Research 104 (3): 378-381.
- Moreno-Arroyo B, Gómez J & Calonge FD. 1997. Aportaciones a la micoflora hipogea Ibérica. Boletín Sociedad Micológica de Madrid 22: 91-95.
- Moreno-Arroyo B, Gómez J & Pulido E. 2005. Tesoros de nuestros montes. Trufas de Andalucía. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía. Córdoba. 352 pp.
- Moretti M, Conedera M, Moresi R & Guisan A. 2006. Modelling the influence of change in fire regime on the local distribution of Mediterranean pyrophytic plant species (Cistus salviifolius) at its northern range limit. Journal of Biogeography 33: 1492-1502.
- Morte A & Andriano A. 2014. Chapter 21. Domestication: Preparation of Micorrhizal Seedlings. En Desert Truffles, Soil Biology 38 (Kagan-Zur V, Roth-Bejerano N, Sitrit Y & Morte A, eds.). Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Netherlands, pp: 343-365.
- Morte A, Cano A, Honrubia M & Torres P. 1994. In vitro mycorrhization of micropropagated Helianthemum almeriense plantlets with Terfezia clavaryi (desert truffle). Agricultural and Food Science 3(3): 309-314.
- Morte A, Honrubia M & Gutiérrez A. 2008. Biotechnology and cultivation of desert truffles. En Mycorrhiza: state of the art genetics and molecular biology, eco-function, biotechnology, eco-physiology, structure and systematics (Varma A, ed.). Springer, Heidelberg, Berlin, pp: 467-483.
- Morte A, Navarro-Ródenas A & Nicolás E. 2010. Physiological parameters of desert truffle mycorrhizal Helianthemum almeriense plants cultivated in orchards under water deficit conditions. Simbiosis 52 (2): 133-139.
- Morte A, Zamora M & Gutiérrez A. 2009. Desert truffle cultivation in Semiarid Mediterranean areas. En Mycorrhizas: functional processes and ecological impact (Azcón-Aguilar C, Barea JM, Gianinazzi S, Gianinazzi-Pearson V, eds.). Springer, Heidelberg, Berlin, pp: 221-233.
- Muñoz-Garmendia F & Navarro C. (eds.) 1993. Cistaceae. En Flora iberica, vol. III (Castroviejo S, Aedo C, Cirujano S, Laínz M, Montserrat P, Morales R, Muñoz-Garmendia F, Navarro C, Paiva J & Soriano C, eds.). Real Jardín Botánico, CSIC, Madrid, pp: 318-436.
- Phillips JM & Hayman DS. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. Transactions of the British Mycological Society 55: 158-161.
- Ravolanirina F. 1986. Etude de l'influence de quelques facteurs sur la croissance mycelienne des terfez in vitro et synthèse des mycorhizes. Dissertation Univ. Clermont-Ferrand II, Institut National de la Recherche Agronomique, France. 72 pp.
- Sánchez-Gómez P & Guerra J. (eds.) 2011. Nueva Flora de Murcia. Plantas vasculares. Murcia. Editorial DM. Murcia. 516 pp.
- Sánchez-Gómez P, Jiménez JF, Picazo E, Cánovas JL, Catalán A & López-Donate JA. 2014. Novedades florísticas para la provincia de Albacete II. Anales de Biología, 36: 77-80.
- Sánchez Gómez P, Jiménez JF & Vera JB. 2011. Helianthemum motae, a new species from Southeastern Spain. Annales Botanici Fennici 48: 49-56.
- Torrente P, Navarro-Ródenas A & Morte A. 2009. Micropropagación de Helianthemum hirtum y micorrización in vitro con micelio de Terfezia clavaryi. En VIII Reunión de la Sociedad Española de Cultivos in Vitro de Tejidos Vegetales (Burgos L & Alburquerque N, eds.). Murcia, 16-18 septiembre, pp: 24.
- Torrente P, Sánchez-Gómez P, Gutiérrez A & Morte A. 2013. Estado micorrícico de diversas especies de Cistáceas en el Sureste Ibérico. Implicaciones en conservación. En Libro de Resúmenes del 6º Congreso de Biología de la Conservación de Plantas (Sánchez-Gómez P & Torrente P, coords.). Murcia, Universidad de Murcia, pp: 146.
- Zambonelli A, Donnini D, Rana GL, Fascetti S, Benucci GMN, Iotti M, Morte A, Khabar L, Bawadekji A, Piattoni F, Compagno R & Venturella G. 2014. Hypogeous fungi in Mediterranean maquis, arid and semi-arid forests. Plant Biosystems 148(2): 392-401.
- Zaretsky M, Kagan-Zur V, Mills D & Roth-Bejerano N. 2006. Analysis of mycorrhizal associations formed by Cistus incanus transformed root clones with Terfezia boudieri isolates. Plant Cell Reports 25: 62-70.
- Zitouni-Houar FEH, Fortas Z & Chevalier G. 2014. Morphological characterization of mycorrhizae formed between three Terfezia species (desert truffles) and several Cistaceae and Aleppo pine. Mycorrhiza 24: 397-403.