

Investigación y docencia sobre micorrizas en España en 1996

Gregorio García y Mario Honrubia

Dpto. Biología Vegetal (Botánica), Facultad de Biología, Universidad de Murcia, España

Las asociaciones simbióticas y, en particular, las micorrízicas, han despertado un gran interés entre los investigadores de temas vegetales desde hace más de un siglo. Así, los estudios en este campo fueron ya iniciados durante la primera mitad del siglo pasado en países como Inglaterra, Alemania o Italia [1]. Dado el avance y los resultados aplicados generados por esta disciplina, el interés por la misma ha ido incrementándose, especialmente durante las últimas décadas, a la par que lo hacían el número de investigadores implicados, la cantidad de subdisciplinas relacionadas y derivadas, y el número de publicaciones especializadas. Igualmente, y dado el interés y entidad del conocimiento ya disponible acerca de las micorrizas y sus efectos sobre aspectos diversos, numerosos centros de formación superior han incorporado esta materia dentro de sus propios currículos docentes, con una mayor o menor profundidad. Todo ello ha supuesto un incremento notable en la cantidad de recursos económicos, materiales y humanos, dedicados a esta materia, a diferencia de lo que ocurre con otras áreas del conocimiento afines, como es por ejemplo el caso de la taxonomía micológica en otros países [2].

Hoy día, la investigación sobre micorrizas que se realiza en el contexto internacional, se reparte entre disciplinas tan variadas como son la agronomía, biología celular, bioquímica, ecología, edafología, genética, horticultura, fisiología vegetal, micología, microbiología, patología vegetal y silvicultura, entre otras. Con todo el marco teórico, metodológico y de investigación que cada una de ellas aporta, esta interdisciplinariedad hay que entenderla como uno de los resortes principales del gran avance producido en este campo durante los últimos tiempos.

Aunque el número de micorrizólogos en sentido estricto resulta más o menos conocido en el contexto internacional [3,4], existe una gran cantidad de investigadores de estas y otras disciplinas que trabajan sobre algún aspecto concreto de las micorrizas y que no aparecen, ni se los considera en muchos casos, en este sentido. Por otro lado, y en concreto dentro del ámbito español, nada se sabe hoy día acerca del grado de implantación de esta materia dentro de los planes docentes de los centros de formación superior ni de la implicación en su docencia de los grupos de investigación especializados.

Como consecuencia del interés que ha adquirido esta disciplina y de la falta de análisis acerca de su situación actual se ha considerado de interés evaluar su estatus real a nivel de investigación y docencia dentro del ámbito español. Igualmente, se aborda su contextualización dentro del marco internacional por el interés que pudiera tener para los propios investigadores y para los gestores actuales de las políticas de formación y de investigación de este país. En este sentido, existen hoy día una gran cantidad de jóvenes investigadores formados, o en vías de hacerlo, en estos temas que van a requerir de nuevas expectativas para seguir desarrollando su tarea.

A efectos de la encuestación se han considerado dentro del campo de las micorrizas a todos aquellos investigadores y grupos que trabajan en aspectos relacionados de un modo directo o indirecto con la presencia, efectos, interacciones, estructura, aplicaciones, bioquímica, evolución y desarrollo de las propias estructuras micorrízicas y de sus simbiotes implicados.

METODOLOGÍA

Durante los primeros meses de 1996 se elaboró un cuestionario con 5 preguntas (Figura 1) en base al cual se perseguía analizar el actual estatus de la investigación y docencia sobre el componente micorrízico en el ámbito español. Los objetivos concretos en base a los cuales se redactaron las cuestiones fueron los siguientes:

- Estimar cuantitativamente los centros españoles en los que se investiga sobre aspectos relacionados con las micorrizas así como su grado de implicación en la formación superior en esta materia.
- Estimar el nivel académico al que se imparte esta docencia con indicación de las áreas de conocimiento en las que se incluye.
- Estimar el número de investigadores que trabajan en el campo de las micorrizas en todo el país, con indicación del tipo de micorriza que trabajan y las líneas de trabajo desarrolladas. Detectar en base a ello las posibles carencias y necesidades de investigación existentes en los diversos aspectos relacionados con las micorrizas.
- Ver el grado de colaboración de los investigadores españoles en este campo con los de otros países así como el nivel de cooperación con las empresas. Saber si se realizan herbarios o colecciones de micorrizas por parte de los grupos de investigación.
- Estudiar la evolución en las tendencias y líneas de trabajo de los distintos grupos dentro del campo de las micorrizas durante la presente década.

A lo largo del mes de mayo del año 1996 y en base a los directorios disponibles [3,4], a los grupos e investigadores conocidos a través de trabajos y contactos, y a las sugerencias de estos respecto de la inclusión de nuevos grupos, fueron enviados un total de 31 cuestionarios a dis-

Dirección para correspondencia:

Dr. Mario Honrubia
Dpto. Biología Vegetal (Botánica), Facultad de Biología
Universidad de Murcia, 30100 Murcia, España.
Tel.: +34-968 307100, Ext. 2378; Fax: +34-968 363963;
E-mail: micolab@fcu.um.es

Aceptado para publicación el 24 de septiembre de 1998

tintos centros dependientes del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), de las universidades, de los centros de investigación dependientes de las distintas Comunidades Autónomas y de las empresas que desarrollaban algún tipo de investigación en relación con las micorrizas. A efectos de conseguir una mayor tasa de retornos y cumplimentación de los mismos los cuestionarios fueron elaborados con un formato poco extenso -sólo una cara de folio- y con preguntas en su mayoría cerradas y cortas, resultando así de muy fácil cumplimentación. La fecha límite para la entrega de los mismos se hizo a un mes vista, esto es hacia finales del mes de junio de ese año, a fin de no prolongar el proceso en exceso.

Con el fin de realizar una encuestación lo más completa posible, a cada uno de los grupos a los que se le envió el cuestionario se les adjuntó un listado de los investigadores y centros a los que se había remitido, a fin de que incluyesen en el mismo a los posibles omitidos.

RESULTADOS

De los 31 cuestionarios que fueron finalmente enviados, un total de 28 fueron cumplimentados y devueltos a tiempo como para ser incluidos en la presente revisión. Esto representa una tasa de devolución del 90%, aproximadamente. Este porcentaje es considerablemente mayor que el conseguido en estudios parecidos [2]. En base a los mismos se puede afirmar que del conjunto de las autonomías españolas, únicamente en cinco de ellas no hay implantados grupos que estén llevando a cabo durante 1996 ningún programa de investigación sobre micorrizas; éstas son: Asturias, Baleares, Cantabria, Extremadura y La Rioja.

De los grupos que realizan investigación sobre micorrizas un total de 18 imparten docencia sobre estos temas, lo que supone casi un 70% de los grupos, aunque si nos fijamos en los que imparten esta formación a un nivel especializado este porcentaje se reduce considerablemente hasta suponer tan sólo un 23%. Entre los grupos investigadores que se implican en esta labor docente se encuentran 15 adscritos a centros universitarios, dos a centros del CSIC y uno a centros de investigación dependientes de las Comunidades Autónomas. De estos, únicamente cuatro de universidades, uno del CSIC y uno de los centros autonómicos intervienen en cursos de formación especializada, cursos que por otro lado vienen incluidos en programas de doctorado y en cursos de especialización o masters. Por su lado, la formación de tipo general y no especializada sobre las micorrizas se da casi por exclusivo dentro de las asignaturas de distintas licenciaturas e ingenierías (Tabla 1).

Hasta 27 grupos de investigación españoles realizan algún tipo de trabajo en relación con las micorrizas, participando en ellos un total de 140 investigadores. De estos grupos, 15 se adscriben al ámbito de las universidades, cinco al del CSIC, cinco corresponden a centros de investigación autonómicos y dos al ámbito empresarial. Si nos fijamos en los investigadores vemos que casi la mitad de ellos -esto es 62- pertenecen a grupos del CSIC, 57 a grupos universitarios, 19 a grupos autonómicos y dos a empresas. De estos investigadores un elevado porcentaje, el que se incluye dentro de las categorías de becarios, contratados, colaboradores y otros, desarrollan su labor dentro de este campo bajo una situación laboral inestable o temporal, sumando entre todos hasta un 65% del total, sin contar los adscritos a las empresas cuya situación laboral

| Cuestionario sobre "El estatus del estudio de las micorrizas en España en 1996" | | |
|---|---------------------------|--|
| <i>(Si alguno de los apartados le parece poco pertinente por favor déjelo en blanco)</i> <i>(Rellenar sólo una hoja por centro o institución por cualquiera de los que figura en la dirección)</i> | | |
| Nombre de la institución, centro y/o departamento: | | |
| 1.-¿Se imparte docencia en su centro sobre micorrizas o temas relacionados? -Sí, de manera detallada y/o específica -Sí, de forma general o muy por encima -No | | |
| 2.-Si la respuesta anterior es afirmativa indique el nivel así como el nombre de la titulación en la que se imparte, especificando en lo posible las asignaturas o programas de doctorado implicados: | | |
| Licenciatura o ingeniería (asignaturas o programas) | | |
| Nivel de pregrado(1er y 2º ciclo): | | |
| Nivel de 3er ciclo: | | |
| Masters y/o cursos de especialización: Sí / No | | |
| 3.-Realizan en su centro investigaciones sobre las micorrizas: Sí/ No | | |
| Si la respuesta es afirmativa indique: | | |
| <u>Nº de investigadores y categoría</u> | <u>Tipo de micorrizas</u> | <u>Temas o líneas de trabajo</u> |
| Universidad | AM | Aspectos fisiológicos |
| Catedráticos: | ECM | Aspectos ecológicos |
| Profesores: | Ectendo | Caracterización |
| Becarios: | Otros(indicar): | Aspectos moleculares y/o bioquímicos |
| Contratados: | | Aspectos celulares y/o genéticos |
| Otros (indicar): | | Micorrización y/o trabajos con inóculo |
| | | Viveros y otros (indicar): |
| 4.-Se desarrolla en su centro algún proyecto de investigación en colaboración con investigadores de otros países: Sí / No | | |
| En caso afirmativo indique con qué países: | | |
| Y con empresas: Sí / No Dispone en su centro de un herbario de micorrizas: Sí / No | | |
| 5.-Si en los últimos 5 años su centro ha cambiado de líneas de trabajo o investigación dentro de las micorrizas indique por favor las líneas de trabajo anteriores a las actuales: | | |
| Muchas gracias por haber cumplimentado este cuestionario. En caso de no trabajar en absoluto con las micorrizas su respuesta también nos interesa para su constatación. Este cuestionario se rellena en cinco minutos, por favor remítanoslo hoy mismo o en su defecto antes del 30 de Junio del presente año a la siguiente dirección: | | |
| Gregorio García Fernández | | |
| Laboratorio de Micorrizas-Micología. Dpto. de Biología Vegetal (Botánica) | | |
| Facultad de Biología - Universidad de Murcia. 30100 Murcia. | | |
| Si tiene interés en el resultado de esta encuestación háganoslo saber y se lo remitiremos. | | |

Figura 1. Cuestionario enviado a los centros de investigación.

Tabla 1. Docencia sobre micorrizas en España durante 1996.

| Licenciatura o ingeniería | Nº de centros | Asignaturas en las que se imparte |
|---------------------------|---------------|---|
| Biología | 5 | Botánica general, micología, fisiología vegetal y afines, fitopatología y en seminarios |
| I.T. Agrícola | 3 | Fitotecnia, biología general, producciones forestales |
| I. de Montes | 3 | Patología forestal y biología general |
| Veterinaria | 1 | Agricultura y practicultura |

| Programa de doctorado | Nº de centros | Denominación del curso |
|-------------------------------------|---------------|--|
| Biología Vegetal | 2 | Micorrizas y aplicación de las AM en agricultura |
| Ecología microbiana | 1 | Aspectos microbiológicos de la fertilidad del suelo |
| Agrobiología | 2 | Interacciones suelo-planta |
| Nuevas tecnologías agrarias | 1 | Micorrizas |
| Silvopascicultura | 1 | Hongos micorrícicos de las especies forestales españolas |
| Producción vegetal | 1 | Aplicación de las AM en agricultura |
| Medio ambiente y recursos naturales | 1 | Aplicación de las AM en agricultura |

Nº de centros que imparten masters o cursos de especialización: 2

se desconoce. Destaca especialmente en este sentido el caso de los grupos del CSIC con hasta un 77% de sus investigadores en esta situación. Le sigue en este caso los grupos autonómicos con un 58% y por último los universitarios con un 53% (Tabla 2).

Tabla 2. Adscripción y categoría laboral del personal investigador.

| Universidad | Centros CSIC | Centros autonómicos | Empresas |
|-----------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Catedráticos: 7 | Profes.investigadores: 8 | Profes.investigadores: 1 | Categoría no definida: 2 |
| Profesores: 20 | Investigadores: 6 | Investigadores: 7 | |
| Becarios: 19 | Colaboradores: 27 | Colaboradores: 3 | |
| Contratados: 6 | Becarios/contratados: 19 | Becarios/contratados: 5 | |
| Otros: 5 | Otros: 2 | Otros: 3 | |

Los grupos de investigación que trabajan en el contexto español centran sus trabajos en sólo tres de los siete tipos de micorrizas reconocidos [5-7]. Los tipos de micorrizas estudiados son: las arbusculares, las ectomicorrizas y las ectendomicorrizas, si bien la investigación realizada con el último de los tipos citado es mínima en comparación con la llevada a cabo con los otros dos. Curiosamente, existe una elevada disparidad entre la cantidad de grupos dedicados a cada uno de los dos primeros tipos y el correspondiente número de investigadores adscritos a los mismos. Así, mientras que 11 de los grupos se dedican al estudio de las micorrizas arbusculares totalizando el 62% de los investigadores, hasta un total de 17 grupos lo hacen con las ectomicorrizas, sumando sólo un 38% de los investigadores. Dos de estos grupos llevan a cabo estudios sobre ectomicorrizas y micorrizas arbusculares a la vez, y otros dos de ellos lo hacen con ectomicorrizas y ectendomicorrizas simultáneamente. En cualquier caso, los grupos que tratan temas relacionados con las ectendomicorrizas aún de modo parcial, suman únicamente el 2% de los investigadores.

Respecto de los aspectos tratados, y de un modo genérico para los distintos tipos de micorrizas con los que se trabaja en España, se puede decir que los que presentan un mayor volumen de trabajo son los relativos a los aspectos

ecológicos, fisiológicos y de micorrización y producción de inóculo, seguidos de los aspectos aplicados y de biodiversidad o caracterización, en mucha menor medida los moleculares y de un modo casi testimonial los celulares y genéticos (Tabla 3).

Tabla 3. Líneas de trabajo desarrolladas por los grupos españoles.

| Líneas de trabajo | Nº de grupos micorrizas arbusculares | Nº de grupos ectomicorrizas |
|--|--------------------------------------|-----------------------------|
| Aspectos fisiológicos: | 6 | 11 |
| Aspectos ecológicos: | 6 | 12 |
| Caracterización (biodiversidad): | 2 | 11 |
| Aspectos moleculares y/o bioquímicos: | 2 | 5 |
| Aspectos celulares y/o genéticos: | 1 | 0 |
| Micorrización y/o producción de inóculo: | 8 | 11 |
| Viveros y aspectos aplicados: | 5 | 8 |

De los siete grupos de investigación que mantienen proyectos internacionales, tres de ellos lo hacen en base a trabajos con ectomicorrizas y cinco se dedican a las micorrizas arbusculares, compartiendo uno de ellos ambos tipos. Son los países de la Unión Europea con los que más se trabaja de un modo conjunto, seguido por los Estados Unidos y en casos concretos con la República Checa, Honduras, Uganda y Kenia. Por su lado, únicamente uno de los ocho grupos de investigación que han establecido algún tipo de convenio o colaboración con el sector empresarial, trabajan con las micorrizas arbusculares, estando el resto dedicados a las ectomicorrizas. Disponen de colección de micorrizas o herbario siete grupos que se dedican al estudio de las ectomicorrizas, dos de ellos en fase de iniciación y tres que lo hacen con micorrizas arbusculares.

Durante el transcurso de la presente década han aparecido, o bien se han ido asentado, la mayoría de los grupos que investigan en temas de micorrizas, resultando este incremento especialmente notorio en los grupos dedicados a las ectomicorrizas que han pasado de los dos grupos censados en España en 1990 [3] a los 17 contabilizados en la presente encuestación. Importante aumento es también el experimentado por los grupos dedicados a las micorrizas arbusculares, al pasar de los cuatro grupos existentes a principios de la década [3] a los 11 que hoy día realizan algún tipo de investigación en este campo. Por otro lado, y para el caso de los grupos más antiguos, exceptuando algún que otro cambio de línea de investigación, la mayoría de los grupos han consolidado sus líneas de trabajo, aumentando la cantidad de aspectos tratados y de personal dedicado, especialmente dentro de los grupos centrados en las micorrizas arbusculares.

DISCUSIÓN

De los directorios de micorrizólogos disponibles en los que aparecen reflejados los investigadores dedicados a las investigaciones sobre micorrizas dentro del contexto español de esta década [3,4], se deduce un incremento muy notable próximo al 150%, en cifras relativas. De hecho, se ha pasado de 14 investigadores españoles en este campo en 1990 a los 34 que aparecen censados durante 1996. Siguiendo con esta misma referencia y respecto del contexto internacional, esto ha supuesto uno de los mayores incrementos dados para un país y que nos sitúa, exceptuando a las grandes potencias en la materia como son Estados Unidos, Canadá e India, con un potencial actual únicamente por detrás del que presentan países

como Reino Unido, Australia, Francia y Alemania, estando muy por delante de otros como Italia, Dinamarca y Suecia. Como dato de comparación en base a estas mismas fuentes baste comentar que el incremento observado a nivel mundial es justo la mitad del español, es decir del 75%, al pasar de los 860 censados en 1990 a los 1154 actuales [3,4].

Este fuerte incremento y la misma cifra dada para el número de investigadores a nivel español para el año 96 [4] se queda, no obstante, bastante corto cuando lo comparamos con los 140 investigadores estimados en base a la encuesta realizada. Las causas de estas diferencias hay que buscarlas en la mayor prospección y esfuerzo a la hora de distribuir los cuestionarios y de localizar a los distintos grupos de investigación españoles, y en la alta tasa de contestación y devolución del cuestionario en comparación con estudios parecidos [2]. Pero, posiblemente el factor determinante a este respecto haya sido el haber prospectado a grupos pequeños y a los recientemente constituidos, que fácilmente pasan inadvertidos a la hora de elaborar un directorio internacional. Por otro lado, también se han incluido los diversos organismos dependientes de las Comunidades Autónomas e investigadores que procedentes y englobados tradicionalmente dentro de otras disciplinas, como pueden ser algunos edafólogos, ingenieros y veterinarios, realizan algún tipo de investigación y/o experimentación relacionadas con las micorrizas.

Respecto de la localización, la mayoría de los nuevos grupos han surgido en distintas áreas geográficas del país, lo que ha supuesto una progresiva "colonización" del territorio por parte de los investigadores dedicados a estos temas. Esto conlleva que actualmente se haga investigación sobre micorrizas en 12 de las 17 autonomías españolas.

Una gran parte de los grupos de investigación, principalmente los adscritos a centros universitarios, imparten docencia a nivel de licenciatura o ingeniería, básicamente en biología y en las ingenierías de montes y en la agrícola. No obstante, son pocos los cursos de especialización y masters que se imparten a este nivel en relación al potencial de investigadores que hay para ello. Además, la mayoría de estos cursos de especialización son impartidos dentro de programas de doctorado de biología vegetal, de ecología y de producción vegetal entre otros, como una parte complementaria y opcional de la formación de los alumnos de tercer ciclo de biología e ingeniería agrícola y forestal.

El que siendo los grupos de investigación adscritos al CSIC relativamente pocos, lleguen a aportar el mayor número de investigadores quizás haya que entenderlo como fruto de la trayectoria y potencia de algunos de ellos -uno sólo de estos grupos llega a aportar hasta 30 investigadores-. Son estos grupos reconocidos internacionalmente y que al amparo de las políticas formativas de esta institución han sido capaces de crecer y consolidarse fuertemente durante esta década, dedicándose la mayoría de los mismos al campo de las micorrizas arbusculares. Curiosamente, la gran cantidad de grupos que han proliferado en los departamentos universitarios trabajan básicamente con las ectomicorrizas, tratándose en estos casos de grupos pequeños y con una menor capacidad de crecimiento -el mayor de ellos engloba un máximo de ocho investigadores-. Una situación análoga a esta última es la que presentan los centros de investigación dependientes de las Comunidades Autónomas. En este caso, el número tan reducido de grupos existentes y por lo general su pequeño tamaño, hace que sean también pocos los investigadores que aportan estos centros. Las dos empresas con-

tabilizadas en la presente encuestación y dedicadas al estudio de las ectomicorrizas presentaban unos recursos humanos muy limitados.

Un factor determinante para el futuro de una línea determinada de investigación, futuro cifrado en su mantenimiento, consolidación y posible crecimiento, es el del marco laboral y de estabilidad en el que los investigadores desempeñan su labor. En este sentido, el panorama existente resulta incierto en tanto y en cuanto únicamente la tercera parte de estos investigadores desarrollan su labor bajo condiciones estables y como plantilla de los centros de investigación. El futuro de las investigaciones en este campo va a estar condicionado por las políticas, tanto de ampliación de las plantillas como de contratación y formación de nuevos investigadores, que desarrollen los gestores y organismos responsables de los distintos centros de investigación españoles durante los próximos años.

La investigación que se realiza hoy día en el país abarca en mayor o menor medida a las distintas subdisciplinas que actualmente están siendo desarrolladas por parte de la comunidad científica internacional [8-10]. En este sentido conviene resaltar la importancia que han tomado las investigaciones de tipo aplicado, lo cual no deja de estar en sintonía con lo que ocurre con gran parte de las otras disciplinas científicas. Existen, no obstante, una serie de campos que han sido muy pobremente tratados o bien que lo han sido de un modo fragmentario y en los que habría que profundizar en un futuro. Entre estos se encuentran aspectos tan relevantes como son los celulares y genéticos, las interacciones en sus distintos niveles, la biodiversidad dentro de los ambientes naturales con especial hincapié en la caracterización e identificación de las estructuras simbióticas, y las propias dinámicas poblacionales de hongos y micorrizas en relación a las perturbaciones del medio y a sus condiciones bióticas y abióticas. Respecto de su evolución durante la presente década, en este tiempo se ha observado una continuidad a la par que una ampliación y diversificación de los aspectos tratados por los diversos grupos de investigación, algo acorde con la expansión a nivel de recursos humanos y económicos dedicados a este tema que se ha experimentado en este período.

A la hora de establecer convenios de cooperación con otros países se han mostrado especialmente activos los grandes grupos de investigación con un enorme potencial y prestigio internacional, que suelen ser grupos con cierta antigüedad y en gran parte de los casos dedicación a las micorrizas arbusculares. Son, sin embargo, los grupos dedicados a las ectomicorrizas los más activos a la hora de establecer convenios con las empresas, lo que posiblemente nos está indicando el carácter más aplicado y comercial de las investigaciones realizadas en este campo, lo que en cierta medida puede justificar el gran aumento observado en el número de grupos dedicados a las ectomicorrizas. Por otro lado, y aunque son pocos los grupos que realizan algún esfuerzo en preparar colecciones de material micorrícico, se observa una cierta incorporación en este sentido, sobre todo por parte de los nuevos grupos de investigación dedicados a las ectomicorrizas.

Finalmente, hay que considerar el gran aumento observado en la cantidad de grupos e investigadores surgidos en todo el país y que trabajan en aspectos relacionados con las micorrizas como consecuencia de dos causas principales. Por un lado, por la aceptación por parte de la comunidad científica de la importancia del componente micorrícico como elemento esencial a la hora de comprender los sistemas, tanto antrópicos como naturales, desde una perspectiva integrada y por las mejoras técnicas apli-

cables derivadas de su conocimiento. Por otro lado, y este aspecto es esencial, por los grandes esfuerzos en medios materiales, económicos y humanos que han llevado a cabo durante los últimos años tanto los centros universitarios como los del CSIC, y que han venido a ser complementados por los diversos centros que han ido surgiendo fruto de la política investigadora de las distintas autonomías.

Como corolario de la presente encuestación se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- Los grupos de investigación españoles dedicados a las micorrizas imparten en su mayor parte docencia sobre esta materia en facultades de Biología o en las Ingenierías de Montes y Agrícolas, si bien son pocos los que lo hacen de una forma detallada a través de cursos especializados, principalmente dentro de programas de doctorado.

- Durante la presente década se ha producido un notable incremento en el número de grupos de investigación, especialmente de los dedicados a las ectomicorrizas, así como una consolidación de los ya existentes que han ampliado los aspectos tratados en sus investigaciones. Estos grupos se adscriben mayoritariamente a los centros universitarios, seguidos por los del CSIC y los centros autonómicos de investigación.

- Más de la mitad de los investigadores se dedican al estudio de las micorrizas arbusculares, siendo muchos menos los que trabajan con ectomicorrizas y resultando poco menos que testimonial la investigación dedicada a las ectendomicorrizas. Por su parte, la investigación realizada actualmente aparece centrada en experiencias de micorrización y producción de inóculo, así como en aspectos de tipo aplicado, de caracterización, fisiológicos y ecológicos principalmente.

- Existe un buen grado de cooperación con otros países, especialmente de nuestro entorno, por parte de los grupos más antiguos y desarrollados que trabajan con las micorrizas arbusculares, y de cooperación con empresas por parte básicamente de los grupos dedicados a las ectomicorrizas.

- Son pocos los grupos que mantienen herbarios y colecciones de micorrizas, aunque existe una leve tendencia positiva en este sentido.

Bibliografía

1. Trappe JM, Berch SM. The prehistory of mycorrhizae: AB Frank's predecessors. En: Proceedings of the Sixth North American Conference on Mycorrhizae. Forest Research Laboratory, O.S.U. Corvallis, Oregon, 1985; p:2-11
2. Grgurinovic C, Hyde KD. The status of taxonomic mycology in Australia in 1991. Australasian Plant Pathology 1993;22:42-47
3. Furlan V. International directory of mycorrhizologists. Minister of Supply and Services, Canadá, 1990; 166 p.
4. Furlan, V. International directory of mycorrhizologists (6th ed.). Mycorrhiza 1996; 6: 279-402
5. Harley JL, Smith SE. Mycorrhizal symbiosis. Londres, Academic Press, 1983.
6. Harley JL, Harley EL. A check-list of mycorrhiza in the British Flora. New Phytol 1987;105:1-102
7. Honrubia M, Torres P, Díaz G, Mort, A. Biotecnología forestal: técnicas de micorrización y micropropagación de plantas. Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Murcia, 1995.
8. Azcón-Aguilar C, Barea JM (Eds.). Abstracts of the Fourth European Symposium on Micorrizas. Estación Experimental del Zaidín, CSIC. Granada 1994; 306 p.
9. Azcón-Aguilar C, Barea JM (Eds.). Mycorrhizas in integrated systems. From genes to plant development. European Commission Report EUR 16728 EN. Proceedings of the Fourth European Symposium on Micorrizas. Granada, 1996; 689 p.
10. Szaro TM, Bruns TD (Eds.). Abstracts of the First International Conference on Mycorrhizae. University of California at Berkeley, 1996; 143 p.