

# Retos y nuevas perspectivas en la revegetación de sistemas forestales

J. Cortina <sup>1</sup>, L. Ocaña <sup>2</sup>, J.A. Pardos <sup>3</sup>, M. Pardos <sup>4</sup>, J. Puértolas <sup>5</sup>, R. Serrada <sup>6</sup>, P. Villar <sup>7,8</sup>

(1) Departamento de Ecología, Universidad de Alicante, Instituto Multidisciplinar para el Estudio del Medio "Ramón Margalef" (IMEM) Apdo. de correos 99, 03080 Alicante, España

(2) Empresa de Transformación Agraria, S.A. (TRAGSA), c/ Maldonado 58, 28006 Madrid.

(3) U.D. Anatomía, Fisiología y Genética Forestal. ETSI Montes, Ciudad Universitaria s/n 28040-Madrid.

(4) CIFOR-INIA. Ap. Correos 8.111. 28080-Madrid.

(5) Fundación CEAM. Facultad de Ciencias, fase V. Carretera San Vicente s/n, 03690. San Vicente del Raspeig. Alicante

(6) Departamento de Silvopascicultura, Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica. Forestal, Ciudad Universitaria s/n, 28040 Madrid.

(7) Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad de Alcalá. E-28871 Alcalá de Henares (Madrid).

(8) El orden de los autores es alfabético

---

➤ Recibido el 8 de mayo de 2008, aceptado el 8 de mayo de 2008.

---

---

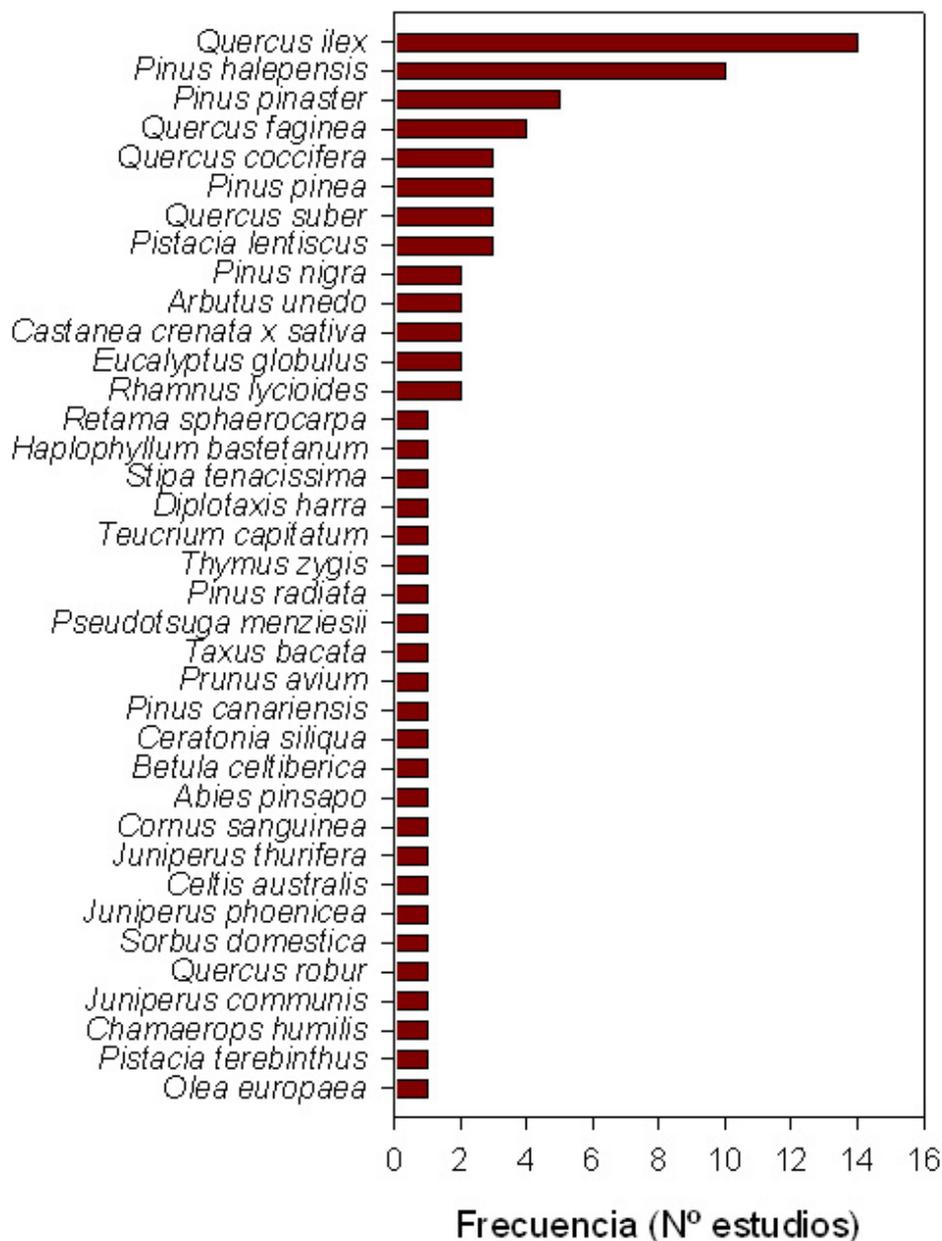
Entre los días 21 y 23 de noviembre de 2007 tuvo lugar la I Reunión del Grupo de Trabajo de Repoblaciones Forestales de la Sociedad Española de Ciencias Forestales (SECF) y el grupo de trabajo de Restauración Ecológica de la Asociación Española de Ecología Terrestre, y IV Reunión del Grupo de Trabajo de Repoblaciones Forestales de la SECF en las instalaciones del Rectorado de la Universidad de Alcalá. A la reunión asistieron 74 participantes, y se presentaron un total de 39 comunicaciones orales, 18 paneles y 8 ponencias invitadas. Además, se presentó el libro "Calidad de Planta Forestal para la Restauración en Ambientes Mediterráneos" y se organizaron dos mesas redondas, una sobre "Necesidades reales de investigación en calidad de planta y cultivo de planta forestal en vivero" (**Tabla 1**) y otra sobre "Necesidades reales de la investigación en reforestación" (**Tabla 2, 3**). Una densa agenda para alcanzar los principales objetivos de la reunión, la presentación de investigación de calidad en el ámbito de la revegetación de sistemas forestales, y el intercambio de experiencias e inquietudes entre los diversos colectivos implicados en la misma. Pero ¿qué imagen podemos extraer del estado actual de nuestros conocimientos en esta área a partir de las comunicaciones presentadas?

**Tabla 1.** Resumen de lo tratado en la mesa redonda *Necesidades reales de investigación en calidad de planta y cultivo de planta forestal en vivero*.

Dentro de este apartado se presentaron 34 comunicaciones científicas, relacionadas con aspectos diversos del cultivo de la planta forestal y de la elección de especie, que conciernen a dieciocho especies, mayoritariamente arbóreas de hábitat mediterráneo, pertenecientes preferentemente a los géneros *Quercus* y *Pinus*. En la mayoría de los trabajos se contemplan dos o más especies (en algunos, también subespecies, procedencias y clones) y su respuesta a dos o más tratamientos, tan diversos como la fertilización, el sombreado, la disponibilidad hídrica, los tipos de contenedor o los sustratos, destacando los trabajos sobre nutrición mineral. La respuesta a estos tratamientos, tanto en vivero como posteriormente en campo, se evalúa principalmente mediante parámetros morfológicos (altura, diámetro, biomasa, relación tallo/raíz, potencial de crecimiento radicular) y de supervivencia; mientras que las respuestas a nivel fisiológico (contenido en nutrientes y carbohidratos, resistencia al frío, conductividad hidráulica, potencial hídrico, intercambio gaseoso, fluorescencia, contenido en clorofilas, discriminación isotópica del carbono) sólo se contemplan puntualmente en algún trabajo. Asimismo, la fenología, el cambio de fase y el arraigo, por una parte, y una información sobre materiales forestales de reproducción, por otra, se contemplan de forma también muy puntual.

De los resultados obtenidos en los diferentes trabajos cabe destacar que las respuestas a los tratamientos relacionados con las prácticas de cultivo en vivero obedecen, en términos generales, a patrones conocidos. Por ejemplo, la fertilización, es la práctica que genera una respuesta positiva más evidente, especialmente en los parámetros morfológicos, con algunas diferencias interespecíficas. A nivel fisiológico, son destacables sus efectos, también positivo, sobre la eficiencia en el uso del agua y la eficiencia fotoquímica. Asimismo, la influencia del tipo y el tamaño del envase, el sustrato, la adición de hidrogeles y la duración del cultivo son también patentes, especialmente para las especies con raíz principal pivotante. Cabe subrayar, por último, el papel del potasio como referente del estado fisiológico general de la planta; y que la acumulación de nitrógeno en planta no repercute necesariamente de forma negativa en la pérdida de la resistencia al frío.

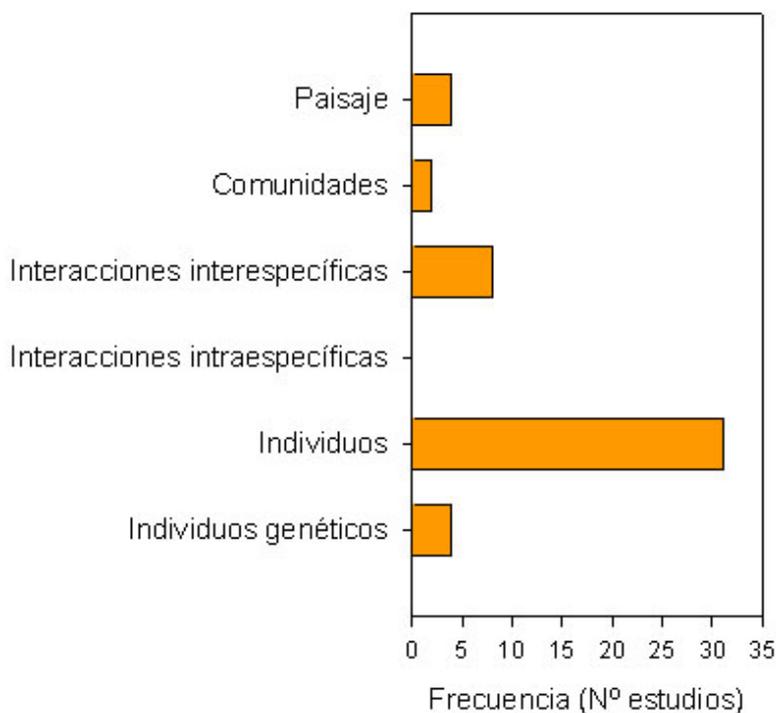
1. Una amplia gama de especies (Fig. 1). Es estimulante constatar que su gran diversidad taxonómica es un buen exponente de la atención prestada a la biodiversidad y del esfuerzo realizado para profundizar en las bases biológicas y ecológicas de las mismas, fundamento para su gestión. Pero, si bien es lógico que en una reunión sobre sistemas forestales predominen los estudios con plantas vasculares, llama la atención que casi todas las especies son árboles y arbustos (32 especies de las 37 estudiadas), con una ínfima representación de subarbustos, caméfitos y herbáceas. Está claro que es necesario reducir este sesgo en los estudios sobre reforestación y promover la contribución de expertos de otros grupos taxonómicos.



**Figura 1.** Número de trabajos presentados para cada especie estudiada. Se han agrupado subespecies de una misma especie. Sólo tres se refieren directamente a plantas vasculares, aunque en todos los casos se trataba de estudios indirectamente enfocados a éstas (herbivoría de corzo y hongos-micorrización).

2. *Se echa en falta una mayor perspectiva ecosistémica.* La mayor parte de las comunicaciones se centran en el individuo, bien sea aisladamente (caso de los numerosos estudios sobre calidad de planta), bien en interacción con el medio abiótico y muy pocos a otras escalas (**Fig. 2**). No debemos olvidar que estamos construyendo ecosistemas ¿Por qué no hay más estudios a escala de comunidad? ¿Qué sabemos de la estructura genética de las poblaciones que intentamos crear y de sus implicaciones? ¿Cómo se enmarcan las repoblaciones en la dinámica del paisaje? ¿Acaso la reforestación no tiene impacto sobre la fauna edáfica o sobre las aves? ¿Qué papel juega la reforestación en el secuestro de carbono o en el ciclo hidrológico? ¿Por qué no aparecen ejemplos del papel de los organismos dispersadores? Pese a que en los últimos años hemos hecho un esfuerzo considerable por incorporar interacciones bióticas en los estudios sobre revegetación estamos lejos de integrar otras interacciones bióticas o perspectivas a escala de comunidad, ecosistema o paisaje en nuestros estudios. La

escasa presencia de comunicaciones sobre otros componentes de los ecosistemas y cómo la revegetación influye en dichos componentes es una importante carencia de las jornadas que no sabemos si es resultado de una falta de investigación en estos temas o de la escasa participación de expertos en reuniones como la que nos ocupa.. Estudios como el de Milder y colaboradores, en el que se evalúa la influencia de la morfología de la frontera bosque-escombrera sobre la dinámica de colonización, representa un magnífico ejemplo de cómo se pueden utilizar conocimientos ecológicos para diseñar técnicas de restauración imaginativas, incluso para niveles de organización por encima del individuo.



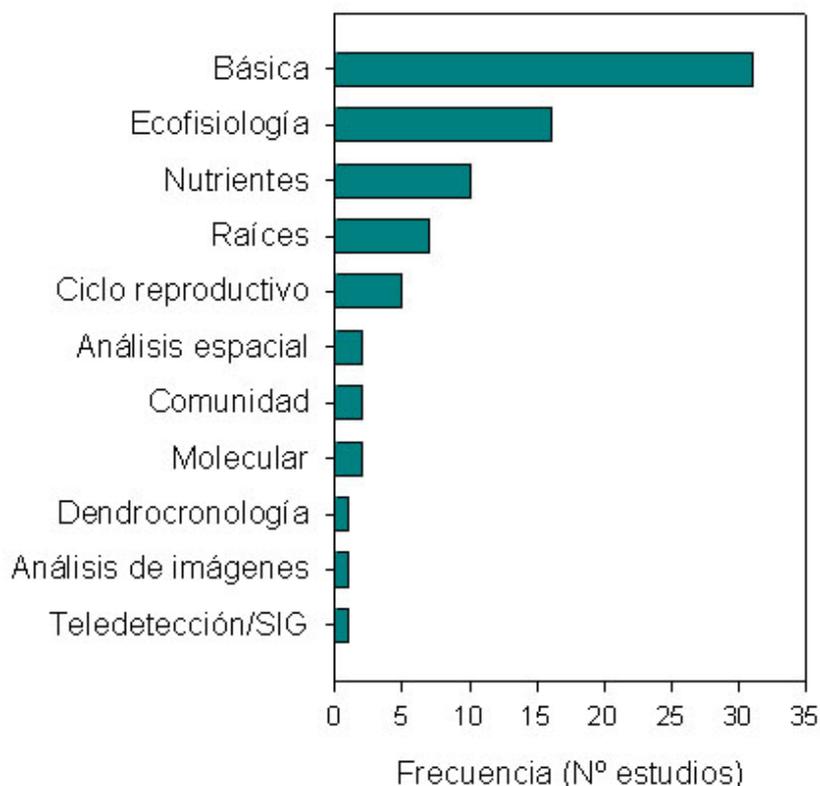
**Figura 2.** Frecuencia de trabajos ordenados en función del nivel de organización del principal objeto de estudio.

**Tabla 2.** Resumen de los principales desafíos científicos y técnicos identificados en la mesa redonda *Necesidades reales de la investigación en reforestación*.

1. Causas de las marras, tanto en ambientes xéricos como húmedos, especialmente con el empleo de especies exigentes y/o de temperamento delicado.
2. Metodologías homologables para la creación de bases de datos para análisis actual y futuro de experiencias y trabajos de repoblación forestal.
3. Control de calidad en proyectos y ejecuciones de repoblación forestal.
4. Efectos de la preparación del suelo sobre la hidrología y la mejora de sus propiedades físicas de los procedimientos de preparación del suelo para la forestación.
5. Resultados y efectos de todo tipo (edáficos, fitosociológicos, dasométricos, económicos, sociales, ...) de las repoblaciones forestales consolidadas, para orientar modos de ejecución de repoblaciones, recomendar tratamientos de mejora de las masas artificiales y revisar normativa de Evaluación de Impacto Ambiental.
6. Estudios sobre regeneración natural en monte alto de masas artificiales.
7. Impulso a la transferencia de resultados de la investigación en este campo hacia la innovación tecnológica en empresas, calidad y control de calidad en proyectos de las Administraciones públicas y reclamar continuidad en las inversiones en el sector.

3. No todo es supervivencia y crecimiento...de la parte aérea (Fig. 3). Aunque es evidente que estas variables son esenciales para evaluar los resultados de la reforestación, difícilmente podremos avanzar en nuestro conocimiento en esta área si no ampliamos el abanico de variables que evalúen la revegetación y los factores que la condicionan. Por poner un ejemplo, sólo siete estudios discutieron cuestiones relacionadas con el desarrollo radical de brinzales a pesar del papel crucial de las raíces en la estrategia de las plantas para hacer frente a la competencia, al estrés hídrico o a la baja fertilidad edáfica; y la mayoría de ellos midieron el crecimiento de raíces en condiciones óptimas (capacidad o potencial de crecimiento radical). De manera

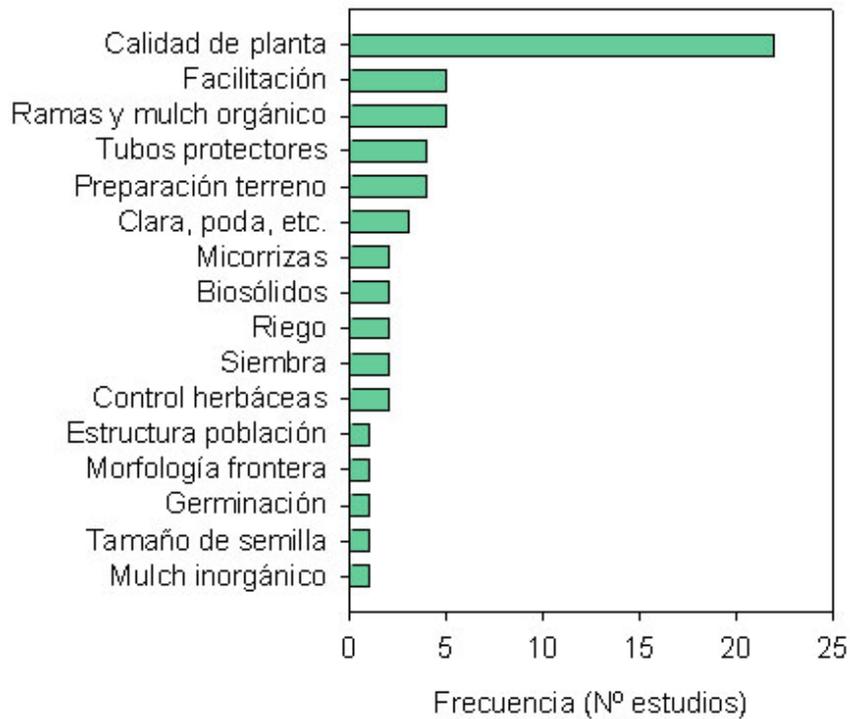
análoga, resulta sorprendente que únicamente dos trabajos hayan aplicado técnicas moleculares para caracterizar el estrés (empleando proteómica e isótopos estables, respectivamente). En la misma línea, ningún trabajo ha empleado técnicas de teledetección, un solo trabajo utiliza análisis espacial, uno sólo evalúa el esfuerzo reproductivo... En esta cuestión también resulta evidente que debemos hacer un esfuerzo por ampliar nuestros horizontes.



**Figura 3.** Variables y métodos utilizados para evaluar las plantas. Por básica se entiende la medida de supervivencia y crecimiento de las plantas. Los apartados no son excluyentes (por ejemplo, los estudios que utilizaron evaluación del contenido de nutrientes en hojas – Nutrientes- se engloban también dentro del grupo Ecofisiología.

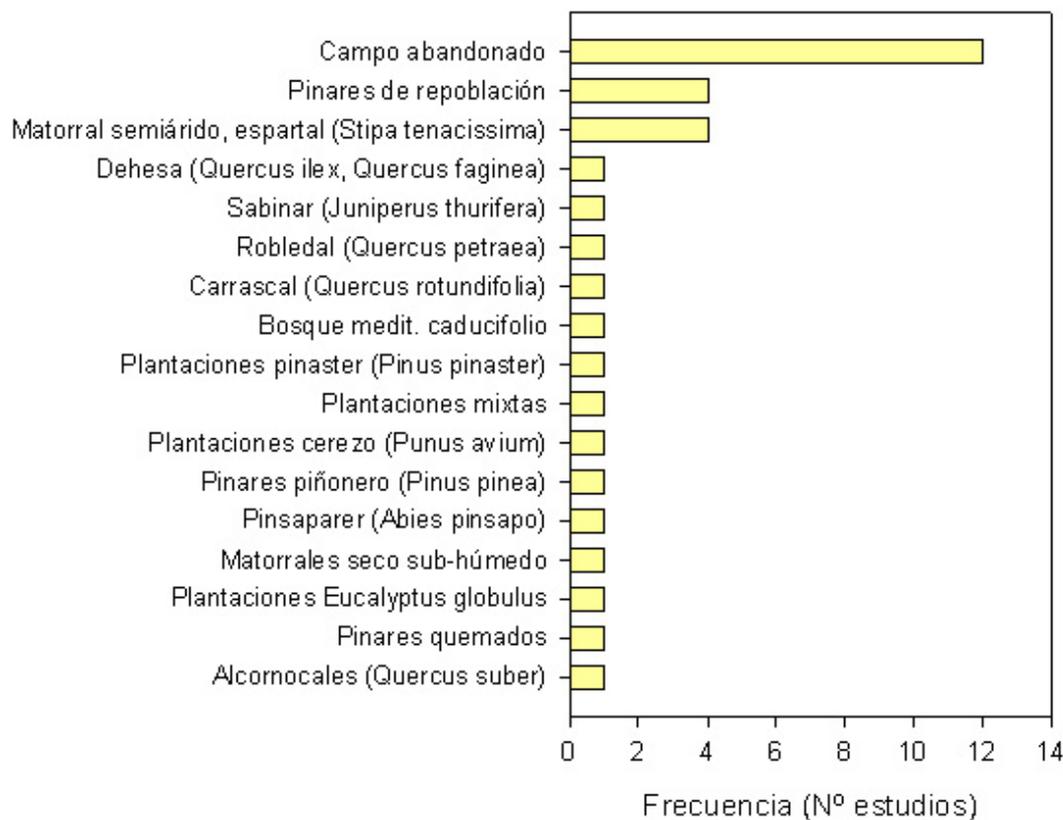
4. *Tecnología por doquier* (Fig. 4). La gama de herramientas y técnicas que han sido incorporadas en los estudios sobre revegetación es abundante. Y además, algunas de estas técnicas, si no generadas, han sido mejoradas por empresas locales. En la reunión vimos magníficos ejemplos de colaboración empresas-centros de investigación, probablemente generados al calor de programas de financiación orientados, pero sobre todo gracias al interés y clarividencia de ambas partes. Aunque, como en el apartado 2, la mayor parte de esta tecnología está enfocada al estudio del individuo.

En la Reunión se presentó el libro *Calidad de planta forestal para la restauración en ambientes mediterráneos. Estado actual de conocimientos* que sintetiza una buena parte los conocimientos adquiridos sobre calidad de planta y cuáles son las principales lagunas de conocimiento que quedan pendientes. Gracias al trabajo de muchos científicos y profesionales relacionados con la reforestación, es posible cultivar actualmente un gran variedad de especies leñosas autóctonas. Además, se tiene más claro qué rasgos deben tener las plantas de calidad, las técnicas viverísticas que maximizan la calidad de planta, y conocemos mucho mejor los procesos implicados en el establecimiento de los plantones en el campo.



**Figura 4.** Técnicas y herramientas evaluadas en los diferentes estudios. Dentro de calidad de planta se encuentra estudios sobre manipulación de nutrientes, sombra, contenedores, sustratos de crecimiento, hormonas, régimen de riego y edad de los brinzales.

5. *Paisajes diversos.* (**Fig. 5**). Pese a la abundancia de estudios realizados sobre, o utilizando, campos abandonados (12), la diversidad de paisajes contemplados es fiel reflejo de la diversidad existente en nuestro territorio. ¡Y eso que la reunión se centró explícitamente en sistemas forestales! En el lado negativo, ningún estudio mostró resultados de estudios realizados fuera de España a pesar de haber algunas colaboraciones internacionales. Probablemente la escasa financiación de la investigación de ámbito internacional por parte de nuestras administraciones públicas y las entidades privadas, tenga también que ver con esta carencia.



**Figura 5.** Ambientes en los que se han realizado aquellos estudios que incluían evaluación en campo. Entre paréntesis se muestra la especie dominante.

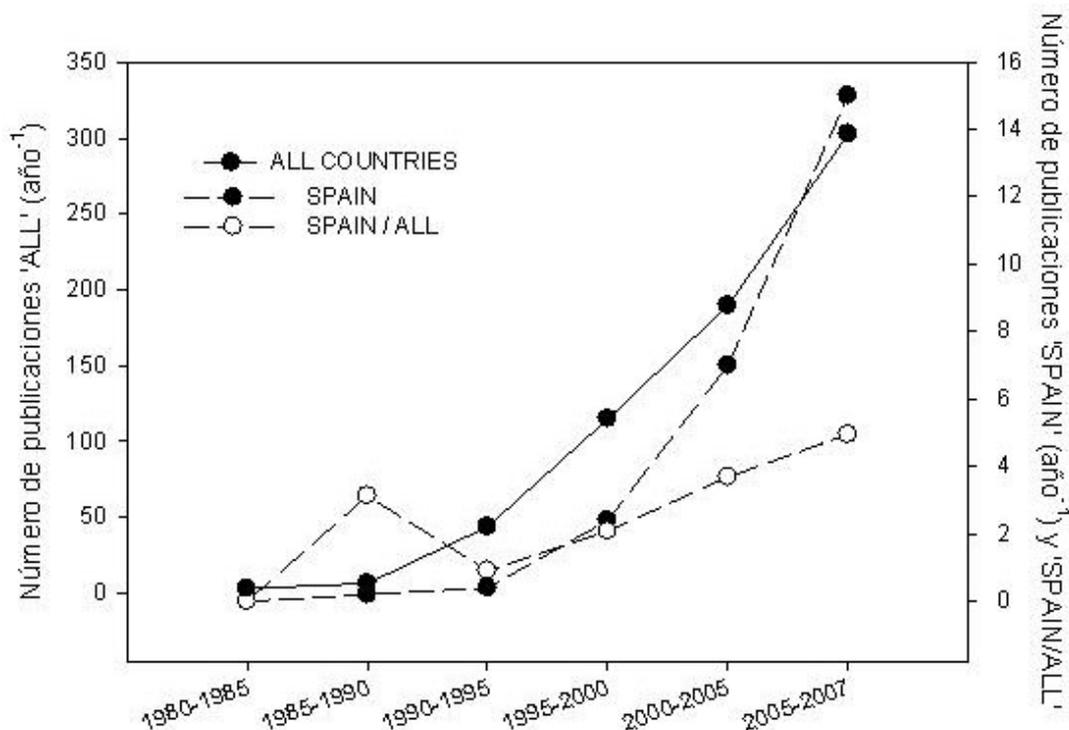
**Tabla 3.** Lagunas de conocimiento identificadas por viveristas y técnicos invitados a la reunión.

1. A diferencia de las especies mediterráneas, la calidad exterior de especies atlánticas no está bien caracterizada.
2. Sistema fiable y objetivo de certificación de planta micorrizada.
3. Diferencias funcionales entre procedencias en la mayoría de especies forestales más empleadas.
4. Cómo implantar frondosas en ambientes atlánticos.
5. Gestión y tratamientos selvícolas de especies de maderas nobles.
6. El papel de las deformaciones radicales en la estabilidad estructural de ciertas coníferas plantadas en el área atlántica.
7. Hace falta una cartografía de estaciones forestales para la toma de decisiones sobre qué especies se puede implantar, especialmente en zonas con potencial productivo.
8. Viabilidad de plantaciones mixtas de especies madereras como *Pinus pinaster* y abedul.
9. Creación de bases de datos accesibles sobre las actuaciones en todas las repoblaciones que sirvan de guía a los gestores para no repetir los mismos errores y permitan identificar las actuaciones más favorables, evaluando los efectos ecológicos y socioeconómicos de las mismas.
10. Interés de los tubos protectores, hidrogeles y la fertilización en el campo.
11. Gestión de las masas creadas en la reforestación de tierras agrarias. En concreto, no se sabe qué hacer con las masas mixtas de fagáceas.
12. Qué tipo de revegetación debe hacerse en zonas esteparias en las que las repoblaciones convencionales son incompatibles con la preservación de aves.
13. Técnicas de repoblación que generen un bajo impacto visual, especialmente en zonas periurbanas.
14. Regeneración natural en masas artificiales de especies tratadas en monte alto
15. Efectos de la preparación del suelo sobre la hidrología y la mejora de sus propiedades físicas de los procedimientos de preparación del suelo para la forestación.
16. Conocimiento de la identidad genética de los materiales clonales de castaño y mayor información sobre el control del chancro de esta especie.

Finalmente, destacar dos de los principales retos que debemos afrontar en el futuro. En primer lugar, debemos transmitir a los usuarios los conocimientos generados en los ámbitos científicos y académicos. ¡Nuestro trabajo no llega a la sociedad! Además de publicar en revistas científicas prestigiosas, debemos esforzarnos en divulgar los avances en el conocimiento utilizando revistas técnicas, libros y hojas divulgativas asequibles a los gestores, así como la amplia gama de herramientas digitales disponibles y futuras. Esto supondría, si duda, un gran avance; pero no suficiente. En la reunión hubo un gran consenso acerca de la necesidad de una plataforma que recopilara la información generada en el ámbito de la revegetación y facilitara su acceso. Una iniciativa interesante que puede servir de referencia en este contexto, es el RNGR Team (Reforestation, Nurseries and Genetic Resources; <http://www.rngr.net/>); plataforma financiada por el Departamento de Agricultura de EE.UU., en la que se puede encontrar información científico-técnica de acceso libre sobre semillas, cultivo en vivero, reforestación y mejora genética generada en este país. Esta labor, necesaria, debería ser promovida por una Administración pública o una sociedad científica.

En segundo lugar, mencionar que el marco conceptual de la mayoría de estudios sigue siendo la plantación de especies leñosas en un ambiente relativamente estable. Sin embargo, no todas las especies necesitan ser introducidas artificialmente. No siempre éste debería ser el primer paso en esta sucesión acelerada y dirigida que llamamos restauración. Y, definitivamente, el ambiente al que van a enfrentarse estas especies en 50 años no será el mismo que tenemos ahora (o que teníamos en los últimos 50 años). Resulta preocupante que los escenarios sociales y climáticos aún no hayan sido incorporados en la investigación sobre reforestación. ¿El aumento del precio del cereal va a dar al traste con la incipiente investigación sobre reforestación de terrenos agrícolas? ¿De qué manera podemos incorporar la variabilidad climática interanual en la restauración? ¿El ensamblaje de ecosistemas hasta qué punto depende de la introducción de esa especie en la que ponemos tanto empeño? Son preguntas que deberían ser abordadas en futuras ediciones de esta reunión.

En Alcalá, especialistas de ámbitos muy diversos, unidos por el objetivo común de mejorar la cantidad y calidad de nuestros bosques, intercambiamos información en un ambiente agradable y constructivo. La interacción entre ambas sociedades convocantes se mostró muy enriquecedora y puso de manifiesto la buena aceptación que ha tenido la restauración ecológica entre los científicos españoles. El excelente nivel que ha alcanzado esta disciplina en nuestro país (Fig. 6), fundamentado en una larga tradición repobladora y un substrato científico en alza, permite ser optimistas sobre su futuro.



**Figura 6.** Tasa anual de publicaciones científicas con las palabras 'restoration ecology' y 'reforestation' en conjunto (ALL) y de aquellas en las que alguno de los autores tiene dirección en España (SPAIN), y razón entre ellas (SPAIN/ALL). De acuerdo con *Web of Knowledge - Science Citation Index* consultado el 09/01/2008.

*Retos y perspectivas en la revegetación de sistemas forestales.* I Reunión del Grupo de Trabajo de Repoblaciones Forestales de la Sociedad Española de Ciencias Forestales (SECF) y el grupo de trabajo de Restauración Ecológica de la Asociación Española de Ecología Terrestre, y IV Reunión del Grupo de Trabajo de Repoblaciones Forestales de la SECF. Alcalá de Henares (Madrid), 21-23 de Noviembre de 2007.

NOTA: La mayor parte de los trabajos presentados en esta reunión serán publicados en un nuevo volumen de la serie Cuadernos de la SECF, de próxima aparición.