



UNIVERSIDAD DE GRANADA
DEPARTAMENTO DE EDAFOLOGÍA Y QUÍMICA AGRÍCOLA

Tesis Doctoral

**Técnicas de forestación de tierras
agrarias desde la perspectiva de las
relaciones suelo-planta**

María Noelia Jiménez Morales
Licenciada en Ciencias Biológicas y en Ciencias
Ambientales

Granada, 2009

Editor: Editorial de la Universidad de Granada
Autor: María Noelia Jiménez Morales
D.L.: GR 3957-2009
ISBN: 978-84-692-7836-9

UNIVERSIDAD DE GRANADA
DEPARTAMENTO DE EDAFOLOGÍA Y QUÍMICA AGRÍCOLA

**TÉCNICAS DE FORESTACIÓN DE TIERRAS AGRARIAS DESDE
LA PERSPECTIVA DE LAS RELACIONES SUELO-PLANTA**

**Memoria presentada por la Licenciada en Ciencias Biológicas y en Ciencias
Ambientales María Noelia Jiménez Morales para optar al grado de Doctora
Europea por la Universidad de Granada.**

Granada, Octubre de 2009

Fdo. María Noelia Jiménez Morales

DIRECTORES DE LA TESIS DOCTORAL:

**Fdo.: Emilia Fernández Ondoño
Dra. en Ciencias Biológicas
Facultad de Ciencias
Universidad de Granada**

**Fdo.: M^a Ángeles Ripoll Morales
Dra. en Ciencias Biológicas
IFAPA Centro Camino de Purchil
Junta de Andalucía**

**Fdo.: Francisco Bruno Navarro Reyes
Dr. en Ciencias Biológicas
IFAPA Centro Camino de Purchil
Junta de Andalucía**

Esta Tesis Doctoral ha sido realizada en el Grupo de Sistemas y Recursos Forestales (Área de Producción Ecológica y Recursos Naturales) del IFAPA Centro Camino de Purchil. El trabajo de laboratorio se ha llevado a cabo en el Departamento de Edafología y Química Agrícola de la Universidad de Granada. Ha sido posible gracias al Proyecto de investigación subvencionado por el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA) RTA2005-00009-C02-01 "*Impacto ambiental de la forestación de tierras agrarias: efecto sobre la biodiversidad y el paisaje*" y en parte al proyecto SUM2008-00003-C03-01 "*Potencialidad de la forestación de tierras agrarias en la fijación de carbono orgánico en el suelo: efectos de los cambios de uso del suelo y tipos de gestión*". Para la realización del presente trabajo la Lda. María Noelia Jiménez Morales disfrutó de una Beca Predoctoral del INIA para la formación de personal investigador, en el marco del Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2004-2007, asociada al proyecto anteriormente citado (RTA2005). Esta beca ha sido reconocida y homologada por la Universidad de Granada.

Agradecimientos

Después de muchos días de agobios, nervios y "nudos en el estómago", todavía no me puedo creer que haya llegado el momento de dar las gracias a toda la gente que ha colaborado de una forma u otra en la elaboración de esta Tesis.

En primer lugar tengo que agradecer a Estanislao De Simón la posibilidad que me ofreció en su día, para comenzar a trabajar en este campo de la investigación. Gracias Estanislao por confiar en mí y apoyarme en todo momento para que estudiara una segunda carrera, que me permitió obtener una beca predoctoral del INIA, a través de la cual he llevado a cabo el desarrollo de esta Tesis.

No menos agradecida estoy a los directores de este trabajo. Gracias Emilia por darme la posibilidad de trabajar en el laboratorio del Departamento de Edafología de la Universidad de Granada, en el que he aprendido mucho. Te agradezco la importante ayuda prestada en mi labor investigadora. Gracias por tus enseñanzas y tu apoyo. A Nines por ayudarme siempre que te lo he pedido. Gracias por acompañarme, ayudarme y hacerme más llevaderas las duras campañas de campo. Muchas gracias Pipo por tu confianza y por tu valiosa labor como director. Quiero agradecerte tu disponibilidad en todo momento para resolverme cualquier duda o problema. Tu papel ha sido esencial para el desarrollo de esta tesis. Gracias a los tres.

A los organismos que han permitido la realización de esta tesis. En primer lugar al Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA), por la concesión de una beca predoctoral para la Formación de Personal Investigador, de donde procede la financiación de esta tesis a través del proyecto RTA2005-00009-C02-01. Al IFAPA Centro Camino de Purchil, lugar donde se ha llevado a cabo prácticamente toda la tesis.

También estoy agradecida a la Delegación de Agricultura y Pesca de Granada (Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía) y a las Oficinas Comarcales Agrarias (OCAs) por facilitarme información sobre los expedientes de forestación y al Instituto Nacional de Meteorología por los datos climáticos. Gracias a la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, por cedernos la finca experimental donde se han llevado a cabo parte de los ensayos presentados en esta Tesis.

A Eduardo, ejecutor de los diseños experimentales, con el que he compartido campañas de campo y muchos kilómetros. Gracias por tu ayuda en los muestreos. Igualmente le doy las gracias a Lucrecio por la ayuda prestada en los muestreos de campo. Tampoco puedo olvidarme de Evaristo, al que agradezco la

colaboración en la elaboración de los datos climáticos, y en la preparación de las muestras de suelo.

Estoy muy agradecida a mis compañeros del IFAPA, Nines, Eduardo, Pipo y Lucrecio porque durante los muestreos primaverales de este año me han "dejado un poco de lado" y casi no he tenido que ir al campo. Gracias a todos porque de no haber sido así, no podría presentar esta Tesis ahora.

En cuanto al Departamento de Biología Vegetal agradezco la ayuda de Juan Lorite y Eva Cañadas. A Juan por su colaboración en diversos aspectos técnicos. Gracias Eva por tu amistad y ayuda incondicional siempre que se me planteaba una duda o problemilla.

A Paco, del Departamento de Edafología, le estoy muy agradecida por su inestimable ayuda en el laboratorio cuando realicé los análisis de suelos. A Olga, que también me ha ayudado en algún análisis, y a Manoli por el apoyo logístico que ha facilitado el trabajo.

A Antonio Lallena por estar dispuesto en todo momento a ayudarme en la elaboración de los datos de campo a través de los "dichosos" análisis estadísticos. Gracias por tus maravillosos gráficos.

Le agradezco a Francisco Javier Bonet "Curro" la ayuda aportada en la elaboración de los datos geográficos a través de sistemas de información geográficos.

A mis compañeros del grupo de investigación "*Gestión Forestal para la conservación*" les agradezco su apoyo y colaboración en todo momento. Gracias por ayudarme en algunos aspectos administrativos.

Gracias a mi familia por aguantar las ausencias físicas a las que me he visto obligada a someterlos. Gracias por vuestro apoyo y comprensión.

Sin duda, tengo que dedicarle esta Tesis a Pipo, porque si no hubiera sido por tu apoyo incondicional día tras día, sobre todo en aquellos días de "bajón" que quería abandonarla, no la hubiera terminado. Muchas gracias por aguantarme y animarme en los duros momentos que he sufrido durante el desarrollo de esta Tesis.

Seguro que me he olvidado de alguien, así que por si acaso, gracias.

Muchas gracias!

ÍNDICE

ÍNDICE

SUMMARY	1
I. INTRODUCCIÓN GENERAL	9
I.1. Procesos de abandono de actividades agrarias en el ámbito mediterráneo.....	11
I.1.1. Consecuencias del abandono agrícola.....	14
I.2. Política Agrícola Común.....	18
I.2.1. Forestación de tierras agrarias.....	20
I.2.1.1. Medidas comunitarias.....	20
I.2.1.2. Programa de forestación en España.....	22
I.2.1.2.1. Marco normativo.....	22
I.2.1.2.2. Resultados de la aplicación.....	23
I.2.1.3. Programa de forestación en Andalucía.....	27
I.2.1.3.1. Marco normativo.....	27
I.2.1.3.2. Resultados de la aplicación.....	32
I.2.1.3.3. Perspectivas futuras.....	34
I.3. Investigación relacionada con la forestación de tierras agrarias.....	36
I.4. Diferencias entre terrenos agrícolas y terrenos forestales.....	42
I.5. Técnicas de preparación del suelo.....	47
I.6. Tratamientos post-plantación.....	50
I.7. Efecto de las forestaciones de tierras agrarias sobre la diversidad florística a escala de paisaje: influencia de las variables ambientales y del cambio de uso del suelo.....	57
II. OBJETIVOS DEL TRABAJO	59
III. MATERIAL Y MÉTODOS	63
III.1. Área de estudio	65
III.2. Especies utilizadas.....	67
III.3. Variables medidas y método.....	70
CAPÍTULO 1. EFECTO DE LA PREPARACIÓN DEL SUELO SOBRE LA PLANTA FORESTADA	77
Resumen.....	79

1.1. Respuesta de la encina (<i>Quercus rotundifolia</i> Lam.) y el pino carrasco (<i>Pinus halepensis</i> Mill.) a diferentes técnicas de preparación del suelo en forestaciones de tierras agrarias.....	81
1.2. Siembra directa de bellotas de encina: efecto del tamaño de la bellota y de la preparación del suelo	91
CAPÍTULO 2. EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS CULTURALES SOBRE LA PLANTA FORESTADA.....	101
Resumen.....	103
2.1. Influencia de diferentes tratamientos post-plantación en el desarrollo de una forestación con encina.....	105
2.2. Efecto del tubo invernadero sobre el establecimiento y crecimiento de plántulas de <i>Juniperus thurifera</i> L. (<i>Cupressaceae</i>) en ambiente semiárido mediterráneo	121
CAPÍTULO 3. FACTORES QUE CONTROLAN LA DIVERSIDAD EN FORESTACIONES: FACTORES EDÁFICOS, CLIMÁTICOS Y GEOGRÁFICOS.....	133
Resumen.....	135
3.1. Impacto de los programas europeos de forestación de tierras agrarias sobre la biodiversidad en el Sureste español: efecto de las variables ambientales y del cambio de uso del suelo.....	137
IV. DISCUSIÓN GENERAL.....	185
CONCLUSIONES.....	205
CONCLUSIONS.....	209
BIBLIOGRAFÍA.....	213
APÉNDICE (Orden de 26 de marzo de 2009).....	251

SUMMARY

The Mediterranean landscape has been shaped for centuries by human intervention, mainly due to the expansion of agriculture and livestock and other related activities such as the use of fire. Nevertheless, as a result of the political and socio-economic changes that have come about during the XX century the population of rural areas has gone into decline and land hitherto given over to farming activities is being left abandoned.

The consequences of this trend from an environmental point of view are various, both negative and positive, depending upon the context. On the one hand, leaving agricultural land to lie fallow may lead eventually to its becoming generally overgrown and at risk from wild fires, loss of soil and water resources with consequent desertification, and an overall decrease in diversity and cultural and aesthetic values. On the other hand, however, there may be positive consequences, such as the opportunity for autochthonous plant communities to recover, which would imply an improvement in the properties of the soil and an increase in biodiversity.

Nevertheless, it is well known that natural regeneration of the plant cover in Mediterranean environments, especially on abandoned farmland, is a slow process, often hindered by diverse factors both natural (climatic or edaphic) and artificial such as soil degradation and the loss of seed banks, resulting in a lack of sources for seed dispersal and so on. Thus, various authors have pointed out that artificial restoration of these lands may be of prime importance in order to speed up the natural process and avoid the negative consequences of such abandonment.

At the beginning of the 1990s the European Economic Community introduced, via its Common Agricultural Policy (CAP) and the approval of Regulations 2078, 2079, 2080 in 1992, an intense agro-environmental common policy which required that farming methods should be compatible with protection of the environment and preservation of natural spaces. It also allowed for financial help in the case of early retirement for farmers and for the afforestation of agricultural land. Amongst the aims of CAP, which contains measures of both national and regional specificity, are a decrease in surplus production, a long-term increase in the community's forest resources and a more educated and efficient management of natural spaces, thus avoiding the complete abandonment of land, reversing desertization processes, preserving the local flora and fauna and encouraging diversification in the landscape. Nevertheless, despite the overall success of the programme in Spain (with the reconversion of some 685,000 hectares of land between 1994 and 2006), much

of which has been undertaken without technical criteria, either territorial or environmental.

The application of the programme has given rise to numerous questions of a scientific nature, especially concerning differences in the environmental conditions of farmland compared to woodland (usually doubts of an edaphic or microclimatic nature) and the extensive planting of *Quercus* species, which is unprecedented in the history of land management in Spain and is taking place with little technical understanding of its implications.

Thus, this period saw a significant increase in activity and research within the forestry sector, including new lines of investigation into such aspects as improvements in the care of rearing saplings in nurseries and the search for or approval of techniques to improve the survival rates and development of the afforestations, above all with reference to the genus *Quercus*.

This thesis should be viewed within the context of these latest research trends. The main objectives of our investigations have been to evaluate the effects of different soil preparation techniques and post-plantation treatments upon the survival and development of afforestations undertaken on farmland from the point of view of the relationship between the soil and the saplings. The influence of the afforestation programme upon biodiversity at the landscape level has also been taken into account.

To this end, various experimental designs were set in place, most of them on abandoned farmland belonging to the experimental station known as "*Cortijo de Conejo-Albarrán* and *Cortijo de Becerrá*" in Guadix (province of Granada), which belongs to the Council for the Environment of the Andalusian Regional Government. This rural estate is composed of two areas that are considerably different from each other both from a topographical and ecological point of view (the meseta of *Conejo* and the rambla of *Becerra*) and in great contrast in terms of their bio and edafoclimates. In general the thermotypical characteristics of the area are upper meso-Mediterranean and dry/semi-arid ombrotype, turned over for centuries to cereal farming and livestock husbandry until its abandonment in 1993. The *Conejo* meseta resides upon an ancient glacia, the soils of which are mainly petric calcisols, whilst the landscape of the *Becerra* rambla forms a steep depression and its soils are predominantly regosols and sandy fluvisols.

The initial study [Annals of Forest Science 61: 171-178 (2004)] was carried out in the *Becerra* rambla and involved assessing the efficacy of eight different procedures for preparing the soil with regard to the establishment

and growth of an afforestation of *Pinus halepensis* Mill. and *Quercus ilex* L. subsp. *ballota* (Desf.) Samp on erstwhile farmland. The results of this study revealed that punctual or linear treatments associated to hydraulic structures to capture run-offs (microbasins and ridges) were the most effective because they seemed to offer the saplings more useful soil for the development of their root systems and/or a greater water storage capacity. This efficacy was assessed in terms of survival, increase in height and diameter, and the *behaviour index* of the afforestation. Survival rates varied considerably between the two species (higher mortality in *Q. ilex*), although the overall efficacy of the treatments proved the same for both.

The difficulties we discovered in planting *Q. ilex* woods led us to undertake further experiments [Annals of Forest Science 63: 961-967 (2006)] in which we looked into the possibility of directly sowing acorns, taking into account the size and weight of the acorn on the one hand and the effects of the prior preparation of the soil on the other. We made two experiments, one in a nursery under controlled climatic conditions and the other in the field on the *Conejo* meseta under severe drought-stress conditions. The size and weight of the acorns proved to be the most significant factors in the development of this species under nursery conditions, whereas under drought-stress conditions this relationship did not appear, even thirty-two months after planting. Contrary to what we expected, previous preparation of the soil with a backhoe had a negative effect on survival rates, diameter and the shoot biomass/root biomass ratio compared with respect to those sown without preparation. This could have been due to changes in the chemical properties of the soil caused by the upheaval of the horizons when it was being prepared, especially with regard to an increase in calcium carbonate and a decrease in the availability of phosphorous and potassium. Survival rates were very high however, despite the stress conditions, and lead us to advise this method as a suitable afforestation technique if certain premises such as a careful selection of acorns, suitable storage and treatment prior to germination are scrupulously followed.

Post-plantation treatments are also very often applied to newly planted afforestations on erstwhile farmland. Agricultural land is generally starved of nutrients, which may hinder the development of afforestations. For this reason we also decided to evaluate the influence of nine post-planting treatments on the development of a holm-oak afforestation, focusing on the variables: survival rate, foliage surface and the concentration of macro- and micro-nutrients in the leaves [Trees 21: 443-455 (2007)]. Few works have been published describing the effects of these post-planting treatments via the analysis of nutrients, particularly with regard to holm oaks and other Mediterranean species. In this study, carried out on the *Conejo* meseta, all the treatments applied, except for

the application of solid urban waste, led to an increase in the survival rate of the saplings of more than 70% compared to the controls, which is a considerable increase considering the nature of the species in question and the characteristics of the environment. In general the application of forest debris, and especially the placement of boulders in the planting bed around the seedling, proved the most efficient treatments as far as making best use of the available nutrients was concerned. Irrigation, apart from being expensive, was effective only while being applied, which coincides with the results of other reports.

It is also common to apply techniques such as treeshelter tubes to aid growth after planting saplings in farmland afforestations. The work in which we assessed the effect of the tree-shelter tubes on the establishment and growth of the Spanish juniper (*Juniperus thurifera* L.) was one of the first field experiments with this species in its natural habitat [Annals of Forest Science 62. 717-725 (2005)]. The tree-shelter tube increases the maximum temperature and reduces radiation by between 70% and 90%, which causes the saplings to grow too high for their girth and consequently excessive narrowness which may cause problems of morphological disproportion and destabilization. It also gives rise to a similar imbalance in the ratio between the above-ground biomass and root biomass. The reduction in radiation inside the tree-shelter also increases foliage surface to the detriment of the root biomass, which is another key factor in the survival or not of young plants in environments with scarce water resources where they are subject to long periods of drought stress.

Finally, we also assessed the effects of converting farmland into woodland from the point of view of preserving biodiversity, the soil and the landscape [Annals of Forest Science: sent for publication]. The results of evaluating 51 afforestations located over some 5,220 km² (25% of all the afforestation projects in the provincial regions of Guadix, Baza and Huéscar) suggest that the programme of afforestation of abandoned farmland may favour the preservation of plant species, increasing their diversity by about 50% when the land was originally turned over to cereal crops. Furthermore, 24.2% of the species registered have a relatively restricted distribution, being endemic to Iberia-North Africa, the whole of Iberia or the S-SE of the peninsula. All this depends to a great extent on variations in the environment, with lithological, edaphic and climatic parameters playing a particularly important role, together with such other factors as the previous use of the soil and the proximity of woods and autochthonous vegetation.

Nevertheless, despite results such as these, the afforestation of farmland in Spain has been undertaken with little previous regard for territorial planning, scarce environmental understanding and no specific technical criteria.

Thus, within this context we propose that zones set aside for afforestation should be previously evaluated in order to optimize help as far as biological conservation is concerned, including as much as possible of the environmental variations that exist on a regional scale, and maximizing the taxpayers' contributions needed to finance these programmes.

In conclusion, this thesis provides new scientific data concerning the values of different techniques for afforesting abandoned farmland, particularly bearing in mind soil-plant relationships. On the basis of these findings we propose new approaches to planning the afforestation programme in the Mediterranean basin.

I. INTRODUCCIÓN GENERAL

I. INTRODUCCIÓN GENERAL

I.1. Procesos de abandono de actividades agrarias en el ámbito mediterráneo

Las actividades agrarias han ido transformando la vegetación y el paisaje de la región Mediterránea desde tiempos remotos (Pons y Quéel, 1985), de forma que la ocupación de tierras para el establecimiento de pastos y de cultivos avanzó progresivamente hasta el siglo pasado. Como consecuencia de esta evolución, la ocupación del territorio se realizó en función de las características del suelo, así, las explotaciones agrícolas más productivas y con mayor valor añadido, se situaron en los valles aluviales con posibilidad de irrigación, más fértiles y accesibles, mientras que el ganado extensivo se relegó a las zonas de montaña (Burel y Baudry, 2002). Esta ocupación del territorio cambió a lo largo del tiempo con los distintos eventos históricos y con la evolución de la población. En la actualidad se combinan los procesos de abandono de tierras agrícolas marginales, mientras que otros espacios están sometidos a una fuerte intensificación agraria (Burel y Baudry, 2002).

El proceso de abandono de tierras agrícolas también ha ocurrido en el resto de países europeos, sobretodo en zonas de montaña, donde se inició a principios del siglo XX, pero fue especialmente relevante a partir de la década de los 50 (Baudry, 1991; Lasanta, 1996; Lavorel *et al.*, 1998). En España, desde principios de los sesenta, la modernización agraria originó la intensificación de las áreas agrícolas más productivas junto con un abandono continuo de zonas de agricultura marginal. A diferencia del resto de Europa, la gran diversidad de características climáticas y orográficas españolas, han ayudado a preservar la agricultura de muchas tendencias de intensificación que sí han tenido lugar en los países del norte de la Unión Europea (Sancho *et al.*, 1993; Vera y Romero, 1994; Varela-Ortega y Sumpsi, 2002).

En España, los sistemas agrícolas extensivos ocupan 25 millones de hectáreas del total de los 42 millones de hectáreas de tierras agrícolas (Varela-Ortega y Sumpsi, 2002). Sin embargo, se estima que de éstos, aproximadamente existen unos 12 millones de hectáreas en abandono provenientes de laboreo extensivo en tierras marginales (MAPA, 1996). Con la aplicación de la Política Agrícola Común (PAC), parte de los sistemas extensivos tradicionales han sido transformados gradualmente en laboreo intensivo, mientras que el resto de las tierras permanece bajo un alto riesgo de abandono. Aproximadamente un 60% del total de la superficie española

se califica como área montañosa o como área desfavorecida y, por tanto, como no adecuada para la agricultura intensiva. Según algunos autores, muchas de estas tierras están sufriendo además una desertificación progresiva (Ruíz y Groome, 1986).

El abandono de tierras agrícolas representa un cambio de uso del terreno y estos cambios son fenómenos ecológicamente complejos (Lambin *et al.*, 2003). Montiel (2006) señala que el verdadero problema ambiental, paisajístico y socio-económico en las áreas rurales mediterráneas, no es sólo la intensificación de la producción agrícola sino también el abandono de las tierras marginales de baja producción.

Las causas principales del abandono masivo de tierras agrícolas en la cuenca mediterránea (Barbero *et al.*, 1990; Hubert, 1991; Dunjó *et al.*, 2004; Rey-Benayas *et al.*, 2007) se pueden agrupar en tres tipos:

- *causas ecológicas* que incluyen factores como altitud, sustrato geológico, pendiente, orientación, fertilidad, profundidad y erosión del suelo, clima y cambio climático;
- *causas socio-económicas* como incentivos de mercado, éxodo rural, industrialización, características de las explotaciones agrícolas, edad de los agricultores, accesibilidad y proximidad a las ciudades;
- *la inadaptación de los sistemas agrícolas y la mala gestión de los terrenos* que conduce a la degradación del suelo, sobreexplotación y baja productividad (Duffy y Ursic, 1991; Nagumo, 1999).

Según Rey-Benayas (2007) la principal causa del abandono agrícola es la migración rural-urbana, mientras que los factores ecológicos y la mala gestión de la tierra son causas de importancia secundaria, aunque aquellas tierras agrícolas cuya producción está limitada por factores ecológicos como fertilidad o precipitación, son más propensas a ser abandonadas si actúan además factores socio-económicos (Pastor *et al.*, 1992; Hodgson *et al.*, 2005).

Las características climáticas de la región Mediterránea influyen en gran medida sobre la productividad agrícola. El clima mediterráneo muestra una gran variabilidad tanto espacial como temporal en la distribución de las precipitaciones, además de una fuerte irregularidad en la cantidad de agua caída de unos años a otros. En esta región son frecuentes los eventos de lluvias intensas (López-Bermúdez y Romero-Díaz, 1993; Ramos y Porta,

1994; Martínez-Casasnovas *et al.*, 2002), junto con la existencia de largos períodos secos que afectan tanto a sistemas naturales como antrópicos.

Además, en zonas secas y semiáridas, la precipitación anual es escasa. La disponibilidad de agua para las plantas depende de las precipitaciones totales y de su distribución temporal, pero también del balance entre precipitación, capacidad de retención del suelo y evapotranspiración (Terradas, 2001). Estas zonas suelen presentar en los períodos estivales elevadas temperaturas, incrementando así la evaporación y, por tanto, reduciendo los recursos hídricos disponibles para las plantas. La escasa o nula disponibilidad de agua que en determinados períodos puede existir en numerosas zonas agrícolas condiciona la productividad de los cultivos, especialmente los de secano, lo que favorece el abandono de estos territorios.

La salinidad de determinados suelos puede ser otra de las causas que conducen al abandono de terrenos cultivados (Cañadas, 2008). En la cuenca mediterránea son frecuentes los suelos salinos en zonas de condiciones semiáridas o áridas. La acumulación de sales en los suelos puede proceder del material geológico original y/o de una mala gestión de los recursos hídricos en la agricultura. La baja pluviometría impide un normal lavado de las sales, que tienden a subir a la superficie y concentrarse, sobretodo en zonas donde el drenaje está limitado. El efecto de la salinidad sobre las plantas es diverso y variable, aunque la mayor parte de las plantas cultivadas se consideran no halófitas, es decir que no poseen mecanismos de resistencia a la salinidad (Martínez-Raya, 1996).

Igualmente, la distancia, mala accesibilidad y otras desventajas físicas de algunos sistemas agrícolas de montaña, limitan la adaptación técnica y estructural de estos sistemas, lo que ha favorecido su abandono. La dificultad de mecanización del cultivo en laderas de elevada pendiente y altitud han sido causas importantes de abandono agrario (Motter *et al.*, 2006).

Con el abandono de tierras agrícolas en estas zonas, se pierde la cubierta vegetal y los cuidados culturales que llevaban a cabo los agricultores, lo que provoca un aumento de la erosión (González-Bernáldez, 1991; Llorens y Gallart, 1992; Díaz-Álvarez y Almorox-Alonso, 1994). La erosión reduce el contenido de nutrientes, disminuye el carbono orgánico y

provoca una alteración negativa de las propiedades físicas del suelo (Bakker *et al.*, 2005).

La cubierta vegetal influye indirectamente sobre la protección del suelo, ya que protege frente a la radiación solar y frente al impacto directo del agua de lluvia, lo que afecta al régimen de humedad del suelo, la infiltración, la escorrentía y la erosión (Porta *et al.*, 2003).

Sin embargo, prácticas culturales poco adecuadas pueden llevar también a muchos suelos mediterráneos a perder su horizonte orgánico, a reducir su profundidad, a desarrollar costras superficiales, a modificar su estructura, etc. Estas prácticas agrícolas degradan el suelo, y también han sido en algunos casos un factor importante a la hora de abandonar algunas explotaciones (Cerdá, 2003).

La utilización del suelo varía con los cambios sociales y económicos (Cerdá, 2003). El abandono de la agricultura es un fenómeno global principalmente causado por la migración de la población rural a las áreas urbanas donde existen nuevas oportunidades económicas (Aide y Grau, 2005). En España, durante el siglo XIX, se produjeron momentos de fuerte presión demográfica y esto hizo que las tierras de cultivo experimentaran una gran expansión, ocupando terrenos muy poco aptos desde un punto de vista topográfico: vertientes con fuertes pendientes, suelos poco fértiles y de elevada pedregosidad. Desde el último tercio del siglo XX, se produjo un proceso migratorio hacia las áreas urbanas provocando elevadas pérdidas demográficas, lo que implicó profundos cambios en la organización social y en los modos de explotación. Este hecho, dio lugar en los años posteriores, a una espectacular reducción del espacio cultivado y a la aparición de extensas laderas de campos abandonados (Ruíz-Flaño, 1993; Méndez y Molinero, 1993; Molinillo *et al.*, 1997; Soriano y Ortells, 2001).

I.1.1. Consecuencias del abandono agrícola

Las consecuencias del abandono agrícola pueden ser positivas o negativas, y no siempre tienen la misma relevancia en todas las partes del mundo (Rey-Benayas, 2007).

Hobbs y Cramer (2007) señalan que el abandono de tierras agrícolas puede dar lugar a una amplia variedad de situaciones. En algunos escenarios puede generar un rápido retorno a los ecosistemas originarios, si las

condiciones son favorables. En otras ocasiones las tierras abandonadas evolucionan más lentamente hacia los ecosistemas preexistentes o hacia un sistema completamente diferente a veces más degradado que la situación de partida. Otra posibilidad, es que el sistema permanezca "estancado" en un estado similar a cuando fue abandonado. Estas alternativas pueden conducir a una mayor degradación o pueden suponer una oportunidad para la restauración de la vegetación natural, dependiendo del contexto.

A nivel mundial se estima que se han abandonado (Fig. 1a) aproximadamente 200 millones de hectáreas (Hobbs y Cramer, 2007). Sin embargo, este abandono agrícola ha ido ocurriendo de manera irregular en cada uno de los países o regiones (Fig. 1b). En Europa, fue especialmente importante a partir de los años 60, coincidiendo con el desarrollo de la Política Agrícola Común (PAC) y el comienzo de la globalización.

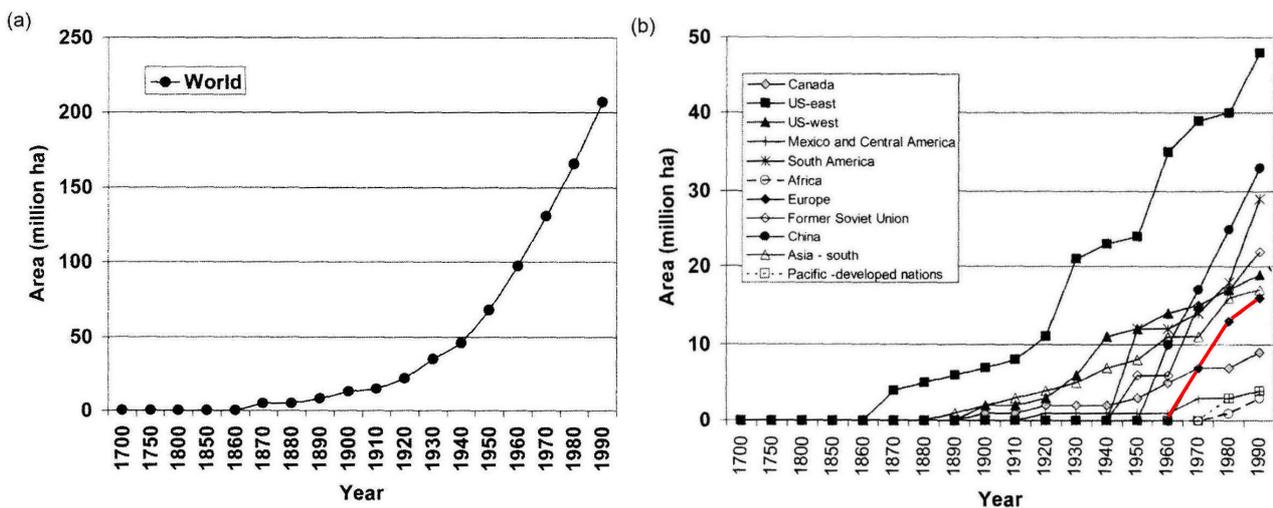


Fig. 1. Área estimada de tierras agrícolas abandonadas, para el mundo (a) y para las principales regiones (b). Según Hobbs y Cramer (2007).

Los principales problemas ambientales vinculados al abandono de tierras agrarias son:

- reducción de la heterogeneidad paisajística y fomento de la homogeneización vegetal, lo que lleva asociado un incremento de la frecuencia del fuego (Lloret y Marí, 2001; Lasanta-Martinez *et al.*, 2005);
- erosión del suelo y desertificación (Pardini *et al.*, 1991; Harden, 1996; Llorens *et al.*, 1997);
- reducción de los recursos hídricos (Robinson *et al.*, 2003);

- pérdida de biodiversidad (Plieninger y Wilbrand, 2001; Tisdell, 2003);
- pérdida de valores culturales y estéticos (Angelstam *et al.*, 2003; Höchtl *et al.*, 2005).

A escala de paisaje o a nivel regional, la diversidad de hábitats está positivamente relacionada con la riqueza de especies, ya que ofrece mayor oportunidad de recursos a un amplio rango de organismos. El abandono de tierras agrícolas y sus efectos perjudiciales sobre la heterogeneidad paisajística, puede producir pérdida de especies de plantas (Luoto *et al.*, 2003; Poschlod *et al.*, 2005), aves (Laiolo *et al.*, 2004) e invertebrados (Inoue, 2005; Dauber *et al.*, 2006). A escala local, los mayores impactos están relacionados con la interrupción de la gestión en hábitats agrarios ricos en especies, tal como tierras de cultivo extensivo tradicional (Farina, 1998; Baur *et al.*, 2006), que pueden mantener una gran diversidad general.

Por otra parte, el abandono de tierras agrícolas puede también tener consecuencias positivas. Entre éstas, podemos destacar la oportunidad para la restauración de comunidades vegetales autóctonas, lo que implica una mejora de las propiedades edáficas y un incremento en biodiversidad (Rey-Benayas *et al.*, 2007).

La regeneración natural en cultivos abandonados es un proceso de sucesión secundaria que permite la colonización de tierras abandonadas por plantas y animales. Estos pueden dispersarse desde hábitats circundantes y posteriormente, establecerse, sobrevivir, desarrollarse y expandirse. Este proceso puede ser rápido en ambientes altamente productivos como los tropicales y las áreas templado-húmedas (Muñíz *et al.*, 2006). Sin embargo, en ambientes secos y semiáridos, con suelos empobrecidos y alejados de restos de vegetación natural, como ocurre frecuentemente en la región Mediterránea y en otras regiones secas del mundo, este proceso es muy lento (Aronson *et al.*, 2000; Bonet y Pausas, 2004). Esto se debe a que existen varias limitaciones: dificultades para la dispersión (Bullock *et al.*, 2002), limitaciones abióticas como baja disponibilidad de agua para las plantas (Rey-Benayas, 1998) y bióticas como competencia con la vegetación herbácea (Rey-Benayas *et al.*, 2005). En general, los terrenos cultivados durante muchos años, tienen un banco de semillas pobre, lo que constituye un problema importante para la recuperación de la vegetación y consecuentemente, para la conservación del suelo después del abandono de la tierra (Brown, 1991).

A pesar de estas limitaciones, este proceso de regeneración puede traer consigo una serie de beneficios ambientales tales como la regulación hídrica, la recuperación del suelo, reducción de la erosión, incremento de la fertilidad, mejora de la calidad del agua, aumento de la conectividad entre espacios forestales y secuestro de carbono (García-Ruíz *et al.*, 1995; Molinillo *et al.*, 1997; Robinson *et al.*, 2003). Con el desarrollo de la vegetación aumenta la tasa de infiltración, lo que reduce la escorrentía. También, al aumentar el contenido en materia orgánica, aumenta la capacidad de retención de agua del suelo (Bruijnzeel, 2004).

En los casos en los que la colonización espontánea no se produce, o es excesivamente lenta, se puede acudir a la restauración de la cubierta vegetal mediante la reintroducción artificial de especies de interés, por siembra, plantación o favoreciendo la actividad de agentes dispersores. De esta forma, la introducción de "especies clave" para la recuperación del paisaje permitirá una aceleración de la sucesión, que de forma natural se produciría en un período de tiempo mucho más dilatado (Vilagrosa *et al.*, 2005). Esta es la situación que ocurre en ambientes mediterráneos (Rey-Benayas *et al.*, 2007).

Montiel (2006) señala que la forestación de tierras agrarias ofrece interesantes oportunidades para restaurar los paisajes forestales en áreas que han llegado a degradarse, como resultado del abandono y éxodo rural que tuvo lugar en zonas rurales en la segunda mitad del siglo XX.

Se entiende por forestación ó reforestación el proceso de establecimiento de una masa arbórea en terrenos donde no existió nunca o ha estado ausente durante un cierto tiempo (SECF, 2005), como por ejemplo, por actividades agrarias.

De hecho, desde Europa, la Política Agrícola Común (PAC) ha subvencionado la transformación de terrenos agrícolas en forestales desde los años noventa. A esta política se han acogido propietarios de tierras agrarias con baja productividad y marginales. Se han proporcionado subvenciones a los agricultores para promover y mantener los servicios de los ecosistemas y el capital natural en estos terrenos, sin pérdida de la propiedad privada (Lasanta *et al.*, 2000; Bonet y Pausas, 2007).

En España, en muchos casos, la forestación de tierras agrarias ha representado una alternativa para las tierras agrícolas ya abandonadas, favoreciendo el recubrimiento de paisajes degradados, algunos de los cuales estaban afectados por un alto riesgo de desertificación. La mayoría de estas áreas eran espacios improductivos que no estaban directa ni principalmente vinculados al sector primario (Montiel *et al.*, 2003). Desde el comienzo de la aplicación de la PAC, la forestación de tierras agrarias ha sido la principal actividad silvícola en cultivos agrícolas de baja calidad en el Sur de España (Navarro *et al.*, 2005a).

La introducción de especies de plantas autóctonas es una práctica usada ampliamente para recuperar las tierras degradadas en las áreas secas y semiáridas mediterráneas, aunque la improductividad del suelo y el déficit hídrico en ocasiones limita seriamente el establecimiento y crecimiento de las plantas. Por ello, para llevar a cabo con éxito los programas de forestación, es necesario tener en cuenta, entre otros factores, métodos que mejoren la calidad del suelo y la capacidad de las especies plantadas para resistir condiciones ambientales adversas (Caravaca *et al.*, 2002a), lo cual constituye uno de los objetivos de esta Tesis doctoral.

I.2. Política Agrícola Común

En 1962 se pone en marcha la Política Agrícola Común (PAC I), cuyo objetivo principal era conseguir un incremento continuado de la productividad, sin tener en cuenta las relaciones que esta actividad económica establece con factores ambientales, como el suelo, el agua, la flora, el paisaje, la fauna o la atmósfera. Esto ha generado con el paso de los años un desequilibrio entre agricultura y medioambiente, provocando efectos negativos sobre éste (Morán, 2000).

Hasta la década de los ochenta, la Comunidad Económica Europea (CEE) no se plantea las interacciones negativas entre la agricultura y el medio ambiente, y la necesidad de establecer limitaciones y controles. Esta preocupación ambiental surge de manera paralela al reconocimiento de la necesidad de reformar la PAC. El Reglamento (CEE) 797/85 del Consejo, dedicado a la mejora de la eficacia de las estructuras agrícolas, incluye importantes medidas para conservación del medio ambiente. El artículo 19 de dicho reglamento establecía la posibilidad de que los estados miembros concediesen ayudas a los agricultores que modificaran sus prácticas agrarias en el sentido de prácticas más respetuosas con el medio ambiente,

limitando dichas ayudas a las zonas sensibles desde la perspectiva medioambiental. Este interés político por las cuestiones ambientales, se plasmaría en una serie de programas de ayudas a inversiones para la protección del medio natural y de indemnizaciones compensatorias a las formas de producción respetuosas con el medio ambiente, especialmente en las regiones más desfavorecidas (Morán, 2000).

A partir de 1985 la CEE fue ampliando el ámbito de actuación en el campo de la integración de la política agraria y la política ambiental. Con la publicación del Libro Verde "*Perspectivas para la Política Agrícola Común*" (Comisión Europea, 1985), se plantea por primera vez que la PAC debe abordar cuestiones de conservación del medio ambiente. Las primeras medidas de acompañamiento cofinanciadas por la PAC (Fondo Europeo de Orientación y de Garantía Agrícola (FEOGA-Garantía)), se introdujeron mediante el Reglamento (CEE) 2078/92 del Consejo, de 30 de junio de 1992, sobre métodos de producción agraria compatibles con las exigencias de la protección del medio ambiente y la conservación del espacio natural, el Reglamento (CEE) 2079/92 del Consejo, de 30 de junio de 1992, por el que se establece un régimen comunitario de ayudas a la jubilación anticipada en la agricultura, y el Reglamento (CEE) 2080/92 del Consejo, de 30 de junio de 1992, por el que se establece un régimen comunitario de ayudas a las medidas forestales en la agricultura. El Reglamento 2078/92 significó la consolidación de una auténtica *Política Agroambiental Comunitaria*. Los fines principales de estos tres reglamentos fueron: el equilibrio de los mercados, la estabilidad de las rentas de los agricultores y el respeto de los equilibrios naturales y ambientales (Puig, 1993).

Posteriormente, la reorganización y simplificación de estos instrumentos de desarrollo rural (medidas de acompañamiento) se realizó a través del Reglamento (CE) 1257/1999 del Consejo, de 17 de mayo de 1999, sobre la ayuda al desarrollo rural a cargo del FEOGA-Garantía y por el que se modifican y derogan anteriores reglamentos. Este reglamento incorpora el apoyo a zonas desfavorecidas y a zonas con restricciones ambientales.

El Reglamento (CE) 1783/2003 del Consejo de 29 de septiembre de 2003 modifica el Reglamento (CE) 1257/1999 sobre la ayuda al desarrollo rural a cargo del FEOGA-Garantía. Este nuevo reglamento no incorporó novedades significativas respecto al anterior; incluye aclaraciones y adaptaciones referidas principalmente al ámbito y al contenido detallado de la ayuda para zonas desfavorecidas y zonas con limitaciones

medioambientales específicas, acciones de formación, forestación de tierras agrarias y promoción de la adaptación y el desarrollo de zonas rurales.

I.2.1. Forestación de tierras agrarias

I.2.1.1. Medidas comunitarias

En la tabla 1 se recogen todas las normativas europeas publicadas desde el año 1992.

LEGISLACIÓN EUROPEA
R (CEE) 2080/1992 del Consejo de 30 de junio, por el que se establece un régimen comunitario de ayudas a las medidas forestales en la agricultura (Derogado).
R (CE) 1257/1999 del Consejo de 17 de mayo, sobre la ayuda al desarrollo rural. (Derogado)
R (CE) 1750/1999 de la Comisión de 23 de julio, por el que se establecen disposiciones de desarrollo del R (CE) 1257/1999 (Derogado).
R (CE) 445/2002 de la Comisión de 26 de febrero, por el que se establecen disposiciones de aplicación del R (CE) 1257/1999 (Derogado).
R (CE) 817/2004 de la Comisión de 29 de abril, por el que se establecen disposiciones de aplicación del R (CE) 1257/1999. (Derogado)
R (CE) 1360/2005 de la Comisión de 18 de agosto, que modifica el Reglamento (CE) 817/2004. (Derogado)
R (CE) 1698/2005 del Consejo, de 20 de septiembre, relativo a la ayuda al desarrollo rural a través del Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (FEADER).
R (CE) 1974/2006 de la Comisión de 15 de diciembre de 2006, por el que se establecen disposiciones de aplicación del R (CE) 1698/2005.
R (CE) 1975/2006 de la Comisión de 7 de diciembre de 2006, por el que se establecen disposiciones de aplicación del R (CE) 1698/2005.

Tabla 1. Cronología de la legislación sobre forestación de tierras agrarias a nivel europeo (en negrita se muestra la legislación vigente).

Como puede observarse, la forestación de tierras agrarias surge por primera vez con la aprobación por la CEE, del Reglamento (CEE) 2080/92 del Consejo de 30 de junio, por el que se establece un régimen comunitario de ayudas para las medidas forestales en la agricultura, con el fin de reconvertir terrenos agrícolas en terrenos forestales y reducir la producción de excedentes (cereal).

Los objetivos fundamentales del Reglamento (CEE) 2080/92 eran:

- Contribuir a la disminución de productos excedentes mediante retirada de tierras de producción y aplicación de una agricultura menos extensiva.
- Promover una actividad agraria más respetuosa con el medio ambiente y a su vez suministradora de productos de mayor calidad.
- Contribuir al rejuvenecimiento de la población activa agraria.
- Fomentar de modo activo la formación de agricultores y población en general en cuanto a la necesidad de preservar el medio ambiente.
- Contribuir a generar puestos de trabajo estables, tanto en actividades directas como indirectas y relacionadas con los objetivos indicados.
- Incrementar a largo plazo los recursos forestales comunitarios y la gestión del espacio natural de forma más adecuada, buscando una utilización alternativa de las tierras agrarias a través de la forestación y el desarrollo de actividades forestales en las explotaciones agrarias.

Actualmente está en vigor el Reglamento (CE) 1698/2005, del Consejo, de 20 de septiembre, relativo a la ayuda al desarrollo rural a través del Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (FEADER) que deroga al R (CE) 1257/1999, con excepción de determinadas disposiciones relativas a las zonas desfavorecidas. Concretamente, los artículos 36 y 43 del Reglamento (CE) 1698/2005, aportan continuidad al régimen de forestación de terrenos agrarios para el período 2007-2013. Los objetivos de este reglamento son los siguientes:

- a) aumentar la competitividad de la agricultura y la silvicultura mediante la ayuda a la reestructuración, el desarrollo y la innovación;
- b) mejorar el medio ambiente y el medio rural mediante ayudas a la gestión de las tierras;
- c) mejorar la calidad de vida en las zonas rurales y fomentar la diversificación de la actividad económica.

I.2.1.2. Programa de forestación en España

I.2.1.2.1. Marco normativo

La primera vez que se establece en España un régimen de ayudas para fomentar inversiones forestales en explotaciones agrarias y acciones de desarrollo y aprovechamiento de los bosques en las zonas rurales es a través del Real Decreto 378/1993 (tabla 2) de 12 de marzo desarrollando los reglamentos comunitarios R(CEE) 2080/1992 y R (CEE) 1610/1989. Su aplicación se llevó a cabo a través de un Programa Nacional de Forestación de Tierras Agrarias, complementado por 17 Programas Regionales, los cuales se iniciaron en el período 1993-1997, y se extendieron a los años 1998-2000.

LEGISLACIÓN NACIONAL
RD 378/1993 de 12 de marzo, por el que se desarrollan los reglamentos comunitarios R (CEE) 2080/1992 y R (CEE) 1610/1989 (Derogado).
RD 152/1996 de 2 de febrero, que sustituyó al RD 378/1993 (Derogado).
RD 6/2001 de 12 de enero, que desarrolla el Reglamento CE 1257/1999.
RD 708/2002 de 19 de julio, que modifica algunos artículos del RD 6/2001.
RD 1203/2006 de 20 de octubre, que modifica los RD 6/2001 y RD 708/2002.

Tabla 2. Cronología de la legislación sobre forestación de tierras agrarias a nivel español (en negrita se muestra la legislación vigente).

Posteriormente el Real Decreto 152/1996 de 2 de febrero derogó el anterior, haciendo hincapié en la mejora socio-económica de las zonas rurales y el aspecto más ambiental de la medida. Fundamentalmente se modificó el importe de las ayudas y el encuadre de las especies forestales susceptibles de subvención en los distintos anexos.

El Real Decreto 6/2001, de 12 de enero, sobre fomento de la forestación de tierras agrícolas derogó al anterior y desarrolló el Reglamento CE 1257/1999 conforme a lo dispuesto en el artículo 31 de dicho reglamento. Posteriormente, el RD 708/2002, de 19 de julio, derogó algunos artículos del antiguo RD y estableció modificaciones en relación a los beneficiarios, a los criterios de prioridad, costes de plantación, solicitudes, tramitación, resolución y pago de las ayudas, financiación de dichas ayudas y comité de seguimiento. La aplicación de este RD 6/2001 se llevó a cabo a través de un Programa Nacional de Forestación de Tierras Agrarias para el período 2000-2006.

Actualmente está en vigor el Real Decreto 1203/2006, de 20 de octubre, por el que se modifica el RD 6/2001. Concretamente en relación al RD 6/2001, se añade un apartado 4 al artículo 7, que trata sobre la justificación de gastos de establecimiento y mantenimiento.

I.2.1.2.2. Resultados de la aplicación

En la tabla 3 se muestran las hectáreas forestadas en cada comunidad autónoma desde el inicio del programa en 1994 hasta el año 2006. En ella se observa cómo hasta el año 2006 la superficie de tierras agrícolas forestadas en toda España asciende a casi 685.000 hectáreas (MAPA, 2006), financiada por estos programas de ayudas. La aplicación del programa de forestación de tierras agrarias no sólo ha contribuido a lograr los objetivos establecidos por la Comunidad Europea (cambio de uso de la tierra y asignación de obligaciones a los agricultores adicionales a la producción), sino que también ha traído consigo importantes cambios en el paisaje (Montiel, 2006).

La cantidad de hectáreas forestadas en cada comunidad ha ido variando a lo largo de los años dependiendo de las políticas de cada comunidad (tabla 3). En general, Andalucía es la comunidad autónoma dominante en superficie forestada durante el período de forestación 1994-2006, seguida de Castilla y León y Castilla-La Mancha. Durante el primer período de forestación (1994-1999), Andalucía puede considerarse la comunidad autónoma donde más se ha forestado (125.669 ha), mientras que en el segundo período (2000-2006) Castilla y León pasa a ocupar este lugar, aunque con menor superficie forestada (50.934 ha).

Todas las comunidades autónomas se han acogido a este programa de forestación, aunque algunas comunidades (Cataluña, Cantabria y Baleares) lo han hecho de forma muy discreta, forestando entre 1.000 y 2.000 ha, y Canarias que tiene una superficie forestada inferior a 300 ha.

La Figura 2 muestra la evolución de la superficie forestada en España en el período de forestación 1994-2006. A partir del año 1996 se aprecia un acusado descenso hasta el 2005, decrece la superficie desde 96.583 ha/año hasta 20.607 ha/año y en 2006 empieza una cierta recuperación. En conclusión, la forestación comenzó con una evolución ascendente durante los primeros años del período 94-99 para descender después del máximo de

1996. En el segundo período hay un gran descenso, observándose una cierta estabilización entre 2002 y 2005.

El número de expedientes o beneficiarios generados por las forestaciones ha variado entre comunidades autónomas y entre años de forestación. Galicia es la CCAA que mayor número de expedientes gestionó en el período de tiempo 1995-1998, alcanzándose un máximo de 4.037 expedientes en el año 1998. Durante el desarrollo del segundo programa de forestación, el País Vasco fue la comunidad que presentó un mayor número de expedientes, alcanzando un máximo de 1.695 en el año 2001.

Teniendo en cuenta todo el territorio español, el mayor número de expedientes se produce en los años 1996 y 1998, con 8.000 y 7.600 expedientes, aproximadamente. En el año 2004, coinciden menor número de expedientes (1.846) con menor superficie forestada (18.135 ha).

La tabla 4 muestra la superficie media por beneficiario en cada una de las CCAA durante el período 1994-2004. Extremadura destaca por ser la comunidad que presenta mayor superficie por beneficiario. Andalucía, Castilla y León, Madrid o Murcia tienen también altas superficies medias, algunas muy por encima de las 20 hectáreas por beneficiario. Las comunidades situadas en la franja norte de la península, presentaron superficies medias forestadas por debajo de 5 ha. Estas cifras dejan a España con una media de unas 13 ha forestadas por beneficiario, aunque existe una gran variación entre comunidades, que refleja el tipo de propiedad que presentan, con grandes fincas en Extremadura, Andalucía o Madrid y pequeñas propiedades en la franja atlántica o Canarias, lo que explica la distribución de expedientes señalada anteriormente.

CCAA	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006 ¹	Total
Andalucía	4.709	20.159	33.802	38.874	22.938	5.187	14.940	7.350	2.075	129	0	0	10.489	160.652
Aragón	780	2.280	0	770	285	515	0	1.150	960	0	1.250	1.046	1.200	10.236
Asturias	1.885	1.922	2.503	2.015	1.915	1.435	1.244	1.136	0	0	0	0	0	14.055
Baleares	0	501	287	0	229	38	28	0	0	0	0	0	0	1.083
Canarias	0	0	0	0	10	135	0	0	53	11	41	14	20	284
Cantabria	0	0	0	188	347	3	185	138	298	286	176	0	0	1.621
Castilla-La Mancha	6.998	14.951	15.371	12.372	15.329	10.000	12.372	1.828	3.493	3.973	5.147	4.057	6.000	111.891
Castilla y León	31.498	22.959	15.724	11.767	11.178	9.287	0	5.477	7.436	10.437	9.600	10.984	7.000	153.347
Cataluña	12	843	579	240	35	57	0	0	0	0	0	0	0	1.766
Extremadura	854	9.603	13.166	7.992	7.594	14.646	9.518	1.554	0	8	1.224	3.520	6.437	76.114
Galicia	0	994	6.224	6.673	14.151	3.992	15.398	8.892	1.259	4.754	260	0	6.267	68.864
Madrid	1.873	907	1.371	625	1.206	810	690	672	540	364	322	190	373	9.943
Murcia	1.698	1.184	1.261	1.184	1.261	1.924	0	0	0	0	0	0	0	8.512
Navarra	180	142	305	775	1.187	331	0	238	183	259	403	237	300	4.540
País Vasco	3.559	2.276	5.785	4.673	4.918	5.215	7.182	8.425	4.186	2.136	1.676	-	-	50.031
La Rioja	48	227	206	48	768	446	568	370	1.297	896	795	559	559	6.787
C. Valenciana	2.952	446	0	926	328	503	0	0	0	0	0	0	0	5.155
ESPAÑA	57.045	79.394	96.583	89.122	83.679	54.524	62.125	37.230	21.780	23.253	20.894	20.607	38.644	684.881

Tabla 3. Superficies forestadas por CCAA y años. No ha sido posible recopilar datos de 2005-2006 del País Vasco (MAPA, 2006).

¹El año 2006 se ha construido a partir de previsiones proporcionadas por las distintas CCAA.

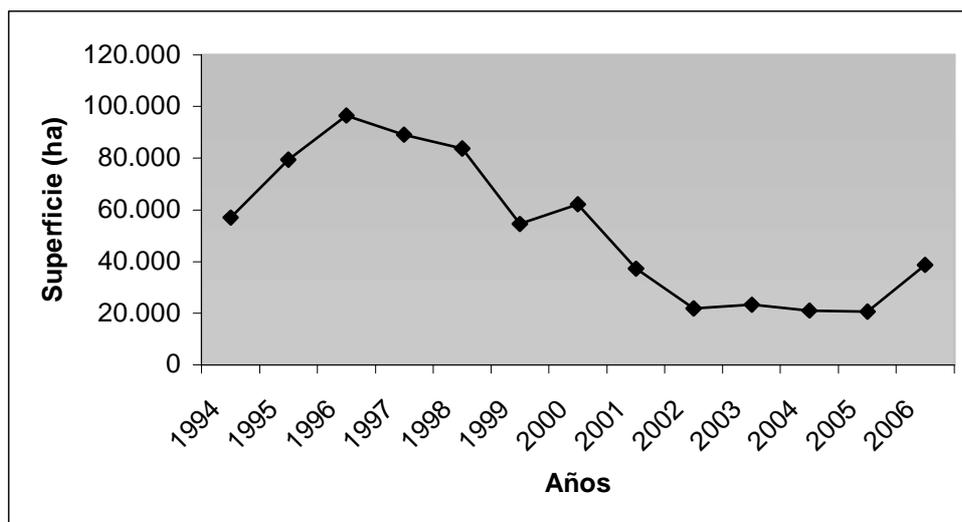


Figura 2. Evolución de la superficie forestada en España mediante ayudas de la PAC (extraído de MAPA, 2006)

CCAA	Superficie	Beneficiarios	Hectáreas/beneficiario
Andalucía	150.163	4.762	31,53
Aragón	7.990	727	10,99
Asturias	14.055	4.003	3,51
Baleares	1.083	91	11,90
Canarias	250	63	3,97
Cantabria	1.521	510	3,18
Castilla-La Mancha	101.834	8.964	11,36
Castilla y León	132.605	5.258	25,22
Cataluña	1.766	250	7,06
Extremadura	66.159	1.378	48,01
Galicia	62.597	12.859	4,87
Madrid	9.380	415	22,60
Murcia	8.512	451	18,87
Navarra	4.003	490	8,17
País Vasco	50.031	5.575	8,97
La Rioja	5.669	325	17,45
C.Valenciana	5.155	555	9,29
España	622.871	46.676	13,34

Tabla 4. Superficie media por beneficiario desde el año 1994 hasta el 2004 (MAPA, 2006).

La distribución de especies utilizadas en las forestaciones ha tenido gran variabilidad debido a la especificidad regional del Programa y a la gran diferencia climatológica y edafológica del territorio español. Para poder sintetizar esta variabilidad se ha calculado la superficie forestada (hasta

2004) en función de las especies utilizadas, y para comparar entre comunidades autónomas, las especies se han agrupado en los siguientes tipos:

- Frondosas de crecimiento lento (masa pura)
- Frondosas de crecimiento lento (masa mezclada)
- Resinosas crecimiento lento (masa pura)
- Resinosas crecimiento lento (masa mezclada)
- Mezcla frondosas-resinosas (crecimiento lento)
- Mezcla frondosas-resinosas (crecimiento rápido)
- Otras arbóreas y/o arbustivas
- Frondosas crecimiento rápido
- Resinosas crecimiento rápido

En general, teniendo en cuenta todo el territorio español, si analizamos el porcentaje de superficie forestada en función del grupo de especies utilizado, predominan las especies de crecimiento lento (resinosas o frondosas), en masa pura o en mezcla, a excepción de la franja cantábrica (Asturias, Galicia, y Cantabria en menor medida) que presentan un alto uso de las especies de crecimiento rápido.

La mayor parte del territorio andaluz acogido a este programa ha sido forestado por frondosas de crecimiento lento (masa mezclada y masa pura), representando el 60 y 40 % aproximadamente de cada tipo. En general, las especies predominantes son los *Quercus*, que ocupan más de tres cuartos de la superficie forestada. Las especies dominantes son *Quercus ilex* L. subsp. *ballota* (Desf.) Samp., junto con otras frondosas, representando un 25% del total de especies utilizadas, y *Quercus suber* L. mezclado con *Q. ilex* subsp. *ballota* con casi otro 25%.

I.2.1.3. Programa de forestación en Andalucía

I.2.1.3.1. Marco normativo

En España, son las comunidades autónomas las que disponen de la capacidad y medios para ejecutar, bien directamente o bajo su dirección, cualquier plan de reforestación en sus respectivos territorios.

Para el caso concreto de Andalucía, como puede observarse en la tabla 5, la primera normativa básica que desarrolló los trabajos de

forestación en explotaciones agrarias fue el Decreto 73/1993, de 25 de mayo, por el que se estableció un régimen de ayudas para fomentar inversiones forestales en terrenos agrícolas.

LEGISLACIÓN AUTONÓMICA (Andalucía)
D. 73/1993 de 25 de mayo (Derogado).
Orden de la Consejería de Agricultura y Pesca de 27 de junio de 1993, que desarrollaba el D. 73/1993 (Derogada).
D. 50/1995 de 1 de marzo, que modificaba el D. 73/1993 (Derogado).
Orden de la Consejería de Agricultura y Pesca de 20 de marzo de 1995, que integra los textos del D. 73/1993 y del D. 50/1995 (Derogada).
Orden de la Consejería de Agricultura y Pesca de 28 de diciembre que desarrolla la orden de 20 de marzo de 1995 (Derogada).
D. 127/1998 de 16 de junio (Derogado)
Orden de la Consejería de Agricultura y Pesca de 5 de agosto de 1998, que desarrolla el D. 127/1998 (Derogada).
Orden de la Consejería de Medio Ambiente de 30 de julio de 1998, que desarrolla el D. 127/1998 en lo que se refiere a las ayudas para la mejora de alcornocales y de otras superficies en explotaciones agrarias (Derogada).
D. 31/2005 de 8 de febrero, establece en Andalucía las normas de aplicación a las ayudas para el fomento de la forestación de tierras agrarias. (Derogado)
Orden de la Consejería de Agricultura y Pesca de 11 de febrero de 2005, que desarrolla el D. 31/2005. (Derogada)
Orden de la Consejería de Agricultura y Pesca de 25 de abril de 2005, por la que se modifica la de 11 de febrero de 2005. (Derogada)
Orden de 26 de marzo de 2009, por la que se regula el régimen de ayudas para el fomento de la primera forestación de tierras agrícolas en el marco del Programa de Desarrollo Rural de Andalucía 2007-2013, y se efectúa su convocatoria para el año 2009.

Tabla 5. Cronología de la legislación sobre forestación de tierras agrarias a nivel autonómico (en negrita se muestra la legislación vigente).

Las ayudas a la primera forestación de tierras agrícolas contempladas entre las medidas definidas en el Reglamento (CE) 1698/2005 del Consejo, han sido incluidas en el Programa de Desarrollo Rural de Andalucía para el período 2007-2013, aprobado el 20 de febrero de 2008 en el Comité de Desarrollo Rural celebrado en Bruselas, dentro del Eje 2 relativo a medidas de mejora del medio ambiente y del entorno rural. La aplicación de dicho reglamento en Andalucía se hace a través de la Orden de 26 de marzo de 2009 (BOJA núm. 66), que es la vigente actualmente y cuyos objetivos son (ver Apéndice al final de esta memoria de Tesis):

- a) Fomentar la forestación de tierras agrícolas.
- b) Diversificar la actividad agraria, así como las fuentes de renta y empleo, evitando la marginación y el abandono de las tierras.
- c) Contribuir a la corrección de los problemas de erosión y desertificación.
- d) Contribuir a la conservación y mejora de los suelos.
- e) Contribuir a la conservación de la flora y la fauna, especialmente la protegida.
- f) Contribuir a la regulación del régimen hidrológico.
- g) Contribuir a la diversificación y puesta en valor del paisaje rural.
- h) Favorecer la gestión del espacio natural compatible con el medio ambiente.
- i) Contribuir al desarrollo de ecosistemas naturales beneficiosos para la agricultura.
- j) Promover la mejora de los recursos naturales.
- k) Contribuir a la fijación de CO₂.

Se consideran tierras agrarias susceptibles de forestación aquellas que no estén identificadas en el SIGPAC (Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas) como forestales y hayan tenido una actividad agraria de conformidad con lo establecido en el artículo 2.c) del Reglamento (CE) 1782/2003, del Consejo. En la legislación anterior (Orden de 11 de febrero de 2005) era necesario que la superficie susceptible de forestación hubiera tenido un aprovechamiento agrícola o ganadero de forma regular en los diez años anteriores a la fecha de solicitud de la correspondiente convocatoria; sin embargo, en esta nueva Orden la superficie susceptible de forestación puede ser aquella que tenga un aprovechamiento agrícola, ganadero o mantenga la tierra en buenas condiciones agrarias y medioambientales (de acuerdo a las normas de condicionalidad de la UE: artículos 5 y 6 del Reglamento (CE) 73/2009, de 19 de enero de 2009). Dichas superficies deben estar comprendidas en algunos de los siguientes apartados:

- Tierras ocupadas por cultivos herbáceos y huertas
- Tierras ocupadas por cultivos leñosos (frutales, viñedos, olivar, cítricos., etc.)
- Barbechos
- Pastizales

En esta nueva normativa, quedan excluidas algunas superficies no contempladas en la legislación anterior tal como, superficies en las que se produzcan encharcamientos periódicos, superficies con pendientes inferiores al 25% que tengan limitaciones para trabajar la tierra, por existencia de unas condiciones orográficas duras y dificultades para el uso de maquinaria, etc.. (para más información ver artículo 5 de la Orden de 26 de marzo de 2009 en el Apéndice de esta Tesis).

Los beneficiarios que pueden solicitar este tipo de ayudas son las personas físicas o jurídicas, de derecho público o privado, que sean titulares de derechos reales de propiedad, posesión o usufructo, sobre las tierras agrícolas susceptibles de forestación.

Las ayudas a la primera forestación de tierras agrícolas, incluye los siguientes conceptos:

- *Ayuda a la implantación:* Ayudas destinadas a sufragar los costes de plantación (replanteo de la superficie, preparación del terreno, adquisición de planta, plantación, protección de la planta, etc..) y obras complementarias (cerramientos, cortafuegos).

- *Ayudas por costes de mantenimiento:* Ayuda anual por hectárea de superficie agraria que haya sido forestada, destinada a cubrir los costes derivados del conjunto de cuidados culturales posteriores a la plantación (básicamente reposición de marras) que sean necesarios para el normal desarrollo de las plantas. Esta ayuda se concederá hasta un período máximo de cinco años, contados a partir del siguiente año a la plantación. No se concederán estas ayudas en el caso de especies de crecimiento rápido contempladas en el apartado D del Anexo VI de la Orden.

- *Ayudas para la compensación de rentas:* Prima anual por hectárea forestada destinada a compensar a los beneficiarios la pérdida de ingresos agrícolas o ganaderos derivados de la forestación de las tierras. La legislación anterior establecía una prima compensatoria con una duración de 20 años, mientras que en la nueva normativa esta prima se reduce a 15 años a partir del momento en que se certifica la correcta ejecución de la plantación.

El importe de las ayudas (en euros por hectárea) se establece en función de la especie utilizada, de la densidad de plantación, de las labores previas a la plantación, el tipo de obra complementaria realizada, la dedicación anterior de los terrenos forestados y la tipología del solicitante de la ayuda (ver anexos II, IV y V de la Orden de 26 de marzo de 2009 en el Apéndice de esta Tesis). El importe de la ayuda a la implantación será subvencionado en un 80% en las zonas con dificultades naturales (ver anexo III de esta Orden) y para el resto de zonas, el importe será subvencionado un 70%. A diferencia de la legislación anterior, en el caso de utilizar especies del grupo de las resinosas, el importe de la ayuda es el mismo, tanto si se planta una masa pura como mezclada. La cuantía de la ayuda para plantación y obras complementarias está muy bien desglosada, señalándose por separado el importe de cada actuación realizada. La prima para plantación es mayor cuando las labores preparatorias consisten en apertura de hoyos con retroexcavadora y se colocan protectores de tubo invernadero con tutor. La ayuda para la compensación de rentas, a diferencia de la legislación anterior, sólo varía en función del cultivo abandonado, pero no influyen las especies utilizadas. La cuantía de esta ayuda es bastante mayor si la tierra estaba ocupada por cultivos herbáceos, huertas y leñosos.

Las especies objeto de estas ayudas están incluidas en cuatro grupos o bloques botánicos (ver anexo VI de la Orden de 26 de marzo de 2009). Tanto en la anterior legislación como la vigente actualmente, con respecto a otras legislaciones anteriores, se ha reducido bastante la diversidad de especies a utilizar, entre otras cosas porque no se han solicitado por los beneficiarios de las ayudas en anteriores convocatorias. Además, se ha incrementado la densidad mínima de plantación de la mayoría de las especies. Por otra parte, la nueva Orden se diferencia de la anterior (Orden de 11 de febrero de 2005) en que incluye un grupo de especies consideradas como especies de crecimiento rápido. Otra diferencia es que siete especies que estaban incluidas en el grupo de frondosas de crecimiento lento, ahora están en el grupo de especies arbóreas de especial interés. Respecto a la mezcla de especies de distintos grupos, se admite únicamente para las especies frondosas y resinosas.

Las densidades mínimas que se han de cumplir durante la implantación y los cinco años de mantenimiento son las recogidas en el Anexo VI de esta Orden. Sin embargo, tanto en la anterior legislación como la vigente actualmente, con respecto a otras legislaciones anteriores, se establece que una vez certificada la quinta prima de mantenimiento en la plantación, debe

mantenerse una densidad mínima de arbolado que se permite que pueda disminuir conforme van pasando los años, distinguiéndose dos períodos en función de la anualidad de certificación de la ayuda a la compensación de rentas. Así una plantación de frondosas de crecimiento lento debe mantener el 70% de la plantación inicial, del 7º al 10º año, pero del 11º al 15º año se reduce al 60% (ver anexo VII de la Orden de 26 de marzo).

I.2.1.3.2. Resultados de la aplicación

Con la aplicación del programa de forestación de tierras agrarias en Andalucía durante el período 1993-2000, se habían ejecutado y certificado 145.681 ha, aunque la aplicación del programa de forestación supuso la solicitud de 174.269 ha. En el año 2006, la superficie certificada era de 137.455 ha; la diferencia con respecto a las certificadas originalmente se debe a abandonos de plantaciones y disminuciones de superficie principalmente y, entre otros casos, por expropiaciones de las zonas forestadas por Obras Públicas e Hidráulicas (tabla 6). Estas ayudas han supuesto hasta el año 2006, una inversión total de 544,5 millones de euros. Este programa de ayudas se completa con la ejecución de 228,215 km de caminos, 861,36 ha de cortafuegos, 218 puntos de agua, 1.948,71 ha de mejora de superficie forestal (tratamientos selvícolas), y 53.583,07 ha de mejora de alcornocales (MAPA, 2006).

PROVINCIAS	SUPERFICIE CERTIFICADA OBRA	SUPERFICIE CERTIFICADA ACTUAL
ALMERÍA	26.242,12	24.995,64
CÁDIZ	3.326,68	3.377,31
CÓRDOBA	3.234,09	3.368,97
GRANADA	9.262,43	8.625,09
HUELVA	64.940,16	61.268,73
JAÉN	8.484,94	7.859,70
MÁLAGA	8.817,96	7.956,64
SEVILLA	21.372,90	20.002,92
TOTAL	145.681,28 ha	137.455 ha

Tabla 6. Superficie certificada en Andalucía y en cada una de sus provincias (1993-2006).

Los objetivos reales que se han conseguido tras la aplicación del programa de forestación son según el MAPA (2006):

- Gran potencial de fijación de CO₂.
- Creación de empleo temporal en zonas rurales deprimidas y con fuerte éxodo poblacional.
- Mejora del paisaje creándose fuertes contrastes con los cultivos tradicionales de la zona, despertando un fuerte interés del turismo rural por este tipo de paisajes.
- Aumento de la población cinegética tanto de caza mayor como de caza menor.

Se han realizado dos tipos de forestaciones:

- Productoras: son aquellas forestaciones donde se han utilizado especies de crecimiento rápido, principalmente algunas especies de pinos y chopos. Representan un 5 % del total de las forestaciones andaluzas desarrollándose principalmente en las provincias de Huelva y Granada. En las provincias de Málaga y Jaén encontramos algunas forestaciones realizadas con nogales.
- Protectoras: son aquellas cuyo objetivo principal es el de restaurar ecosistemas forestales y contribuir al proceso de diversificación de la agricultura. Representan un 95 %.

Las especies más utilizadas en las forestaciones en Andalucía (Tabla 7), han sido la encina (*Quercus ilex* L. subsp. *ballota* (Desf.) Samp.) y el pino carrasco (*Pinus halepensis* Mill.).

Especie	Superficie forestada (ha)	Porcentaje (%)
ENCINA	45.195,2	32,88
ALCORNOCHE	15.614,88	11,36
ACEBUQUE	17.305,58	12,59
PINO CARRASCO	29.112,96	21,18
ALGARROBO	9.828,03	7,15
NOGAL	1.539,49	1,12
PINO PIÑONERO	11.285,05	8,21
OTRAS	7.573,77	5,51
TOTAL	137.455	100,00

Tabla 7: Distribución de la superficie certificada para el período 1994-2006, por especies (MAPA, 2006).

Los resultados obtenidos de la aplicación de este programa de ayudas a las forestaciones andaluzas, se califica como exitoso, aunque es necesario realizar una diferenciación entre Andalucía Oriental y Andalucía Occidental. En las provincias de Andalucía Occidental y en especial Huelva y Sevilla, con una mayor superficie acogida a estas ayudas, presentan un balance positivo ya que el estado de desarrollo de sus forestaciones es óptimo. Sin embargo, Andalucía Oriental presenta una mayor problemática en el desarrollo de sus forestaciones, debido básicamente a la escasez de precipitaciones y las temperaturas extremas en época estival, así como a problemas edáficos (suelos calizos poco profundos, en fuertes pendientes...), que no permiten un buen desarrollo radicular. Aún así, existen plantaciones en estas zonas que han resultado muy exitosas, cumpliendo una importante labor protectora del suelo, luchando contra la erosión y la desertificación (MAPA, 2006).

No obstante, y a pesar de estos posibles efectos positivos señalados por el MAPA (2006), en general, la gestión de estas medidas en España ha estado caracterizada por una escasa planificación, vago uso de indicadores ambientales y una ausencia generalizada de criterios técnicos y territoriales (Montiel *et al.*, 2003), lo cual ha ocurrido también en otros países (Madsen, 2002; van der Horst y Gimona, 2005). En resumen, podemos encontrar numerosas tierras forestadas diseminadas irregularmente por diferentes regiones, bajo muy diversas condiciones ambientales, ocupando normalmente tierras agrícolas abandonadas y a diferencia de la mayoría de países europeos, sin objetivos de producción de madera a corto plazo en el 95 % de los casos.

I.2.1.3.3. Perspectivas futuras

Con la finalización del período de programación 2000-2006, desde la Unión Europea se han marcado una serie de objetivos para el ámbito rural a través de un nuevo marco jurídico, el Reglamento (CE) 1698/2005, que cada país a su vez ha trasladado a sus propios Planes Estratégicos Nacionales, y cuyo único instrumento de obtención y aplicación son los Programas de Desarrollo Rural a nivel regional o nacional, en función de la organización territorial del Estado Miembro.

El Programa de Desarrollo Rural (Consejería de Agricultura y Pesca, 2008) de Andalucía 2007-2013, tendrá en cuenta tanto la mejora del contexto socioeconómico global como la mejora de la competitividad de la agricultura, la ganadería, la silvicultura y del sector industrial

agroalimentario, así como también a otros sectores que tienen relación con la calidad de vida andaluza.

Andalucía, ha plasmado en el Programa de Desarrollo Rural los objetivos a conseguir, así como las medidas a poner en marcha para ello. Los tres objetivos generales planteados dentro de este plan son:

1. Aumento de la competitividad de los sectores agrario y forestal.
2. Mejora del medio ambiente y del entorno rural.
3. Calidad de vida en las zonas rurales y diversificación de la economía rural.

Dentro del objetivo 2, una de las medidas pretendidas son las ayudas para la primera forestación de tierras agrarias. A través de la metodología LEADER, que permite desarrollar políticas territoriales mediante los Grupos de Desarrollo Rural, se pondrán en marcha estas medidas para cumplir con los objetivos del Programa.

En el período de programación 2007-2013, la Comunidad Autónoma de Andalucía dispondrá de un gasto público total de 3.764.161.518 euros para actuaciones en materia de desarrollo rural frente a los 2.264.456.000 euros del período 2000-2006. De esa cantidad, 1.881.743.314 euros proceden directamente del Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (FEADER), siendo Andalucía la principal región beneficiaria del mismo, con un 26 % del presupuesto FEADER total para España.

La distribución del gasto público entre los tres objetivos y el enfoque LEADER responde a las prioridades que la Junta de Andalucía ha establecido para la política de desarrollo rural en los próximos años. Así, el porcentaje del gasto público destinado a la obtención del objetivo 2 es del 34,95 %.

Por otra parte, la Comisión Delegada del Gobierno para el Cambio Climático, en la reunión celebrada el 17 de julio de 2008, identificó seis Líneas Estratégicas prioritarias en el inicio de la legislatura en las que se integran medidas clave de la Estrategia Española de Cambio Climático y Energía Limpia con gran impacto en la reducción de Gases de Efecto Invernadero. Dentro de la línea "Política Forestal y Sumideros" una de las actuaciones previstas es la "Forestación y Reforestación". Se prevé la

plantación de 45 millones de árboles, para lo cual se identificarán las superficies donde realizar las repoblaciones y se establecerá un Plan de Forestación (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2009a).

En los Presupuestos Generales del Estado de 2009 se recoge con carácter específico la dotación que ha permitido poner en marcha la financiación del Plan 45 millones de árboles, siendo la plantación de estos árboles (más de 61.000 hectáreas) adicional a las plantaciones de los Programas de la Administración General del Estado y de las Comunidades Autónomas en el marco del Plan Forestal Español que hasta ese momento existían. La estructura de dicho Plan se realizó atendiendo a los objetivos específicos de mitigación de la desertificación, recuperación e incremento de la biodiversidad y de los ecosistemas autóctonos, fijación del carbono atmosférico y lucha contra el cambio climático (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2009b).

I.3. Investigación relacionada con la forestación de tierras agrarias

Con la aplicación del RD 378/1993 se produjo en España una fuerte activación del sector forestal en todas las facetas relacionadas con la forestación de tierras agrarias. Sin embargo, con el transcurso de la aplicación de los diferentes programas se fueron planteando serios problemas, algunos de índole local y otros más generalizados, pero siempre relacionados con el mayor o menor éxito de las forestaciones. Entre estos problemas destacan la disparidad de resultados obtenidos con el empleo masivo y generalizado de especies del género *Quercus*, hecho sin precedentes en España y Andalucía, o la aplicación de técnicas tradicionales de repoblación, pero en este caso sobre suelos agrícolas, cuya problemática difiere de los suelos forestales. En el resultado final de las forestaciones deben tenerse en cuenta diferentes aspectos:

- la elección de la especie adecuada con relación a la climatología y estado de los suelos,
- calidad de la planta y su manejo desde el vivero hasta la plantación,
- elección de una preparación del terreno correcta,
- la realización de tratamientos post-plantación que disminuyan el número de marras,
- la evaluación de sus efectos sobre la biodiversidad, el paisaje, fijación de CO₂ y otros objetivos para los cuales fueron planificados.

Con el fin de solventar algunos de estos interrogantes, la Secretaría de Estado de Universidades e Investigación, Presidencia de la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT) y el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA), en virtud de sus respectivas competencias, suscribieron un convenio de colaboración, cuya publicación fue acordada por Resolución de 20 de abril de 1996 (Boletín Oficial del Estado, número 119, de 16 de mayo), con objetivo de establecer un marco de colaboración entre ambas instituciones, para elaborar, financiar y desarrollar el Proyecto Estratégico Movilizador de I+D en apoyo a la forestación de tierras agrarias y encuadrado dentro del Programa Sectorial de I+D Agrario y Alimentario del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Al amparo de esta normativa se han llevado a cabo numerosos proyectos de investigación.

A nivel andaluz, además se han desarrollado proyectos de investigación agroalimentarios pertenecientes al Programa Sectorial de I+D Agrario y Alimentario de la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía, que han estado directamente relacionados con la forestación de tierras agrarias.

Son muy diversas las líneas de investigación que se han creado como respuesta a la demanda de soluciones que está pidiendo el sector forestal, la propia Administración y los agricultores, con respecto a la problemática o interrogantes que se han ido generando con la aplicación del RD 378/1993 (Montoya, 1997), algunos ya comentados.

Esta actividad investigadora y experimental ha dado lugar a su vez a numerosas publicaciones que muestran la vigencia y actualidad de los temas relacionados con la forestación de tierras agrarias y/o la restauración de la cubierta vegetal en general. Con el paso de los años van dando sus frutos los primeros proyectos de investigación en apoyo a estos temas y se van haciendo los primeros balances de resultados que se están obteniendo en las distintas comunidades autónomas (Sáiz, 1997; Dirección General de Agricultura y Alimentación, 1999; Montiel *et al.*, 1999; Pousa, 2000; Barreda y Sobrini, 2001; Ferreras *et al.*, 2001; Montiel, 2004; MAPA, 2006).

Se van definiendo líneas de investigación concretas, siendo una de las más desarrolladas la relacionada con la producción de planta en vivero para la forestación y/o restauración de la cubierta vegetal. Dentro de esta línea se ha ensayado sobre:

- *producción de planta forestal en general* (Navarro y Pemán, 1997; Álvarez *et al.*, 2001).

- *técnicas de endurecimiento de plantas en vivero*. Son numerosos los autores que han realizado trabajos relacionados con el endurecimiento hídrico (Villar-Salvador *et al.*, 1999; Vilagrosa *et al.*, 2003; Biel *et al.*, 2004; Villar-Salvador *et al.*, 2004a; Bañón *et al.*, 2006; Castro-Díez y Navarro, 2007) y nutricional (Puértolas *et al.*, 2005; Villar-Salvador *et al.*, 2005; Trubat *et al.*, 2008) para reducir el estrés post-plantación; otros autores han investigado acerca de cómo influyen las condiciones climáticas del vivero sobre el endurecimiento y posterior desarrollo en campo de las plántulas (Fernández *et al.*, 2003; Pardos *et al.*, 2003; Molla *et al.*, 2006).

- *distintos tipos de sustratos*. Cada vez se está investigado más sobre la utilización de residuos orgánicos como medio de cultivo de planta forestal en vivero. Los sustratos en los que más se ha ensayado han sido lodos de depuradora (Ingelmo *et al.*, 1998; Álvarez *et al.*, 2001; Mosquera *et al.*, 2001), y restos de triturado de piñas y corteza de pinos (Aguado y Borge, 2001; Rigueiro-Rodríguez *et al.*, 2001). También existen algunos trabajos en los que se ha utilizado compost de purines (Fuentes *et al.*, 2002).

- *germinación de semillas*: Los temas tratados dentro de este apartado han sido muy diversos. Se ha trabajado acerca de la influencia del contenido de humedad y del tiempo de almacenaje sobre la capacidad germinativa en bellotas de encina (Aroca *et al.*, 2005). Otros autores han realizado ensayos para ver el efecto de las altas temperaturas y el humo sobre la germinación de semillas de matorral leguminoso y especies de *Quercus* (Reyes y Casal, 2006; Rivas *et al.*, 2006), así como el efecto del enriquecimiento atmosférico de CO₂ en vivero sobre la germinación de semillas de *Quercus* (Cortes *et al.*, 2004). También se ha investigado sobre técnicas de cultivo *in vitro* (Cantos *et al.*, 2001), sobre la influencia de diferentes tratamientos térmicos en la germinación de semillas de especies de matorral (Herranz *et al.* 2001), y métodos para evaluar la capacidad germinativa de las semillas de *Q. suber* (Sobrino *et al.*, 2001).

- *diferentes tipos de envases y contenedores*. Existen algunos trabajos en los que se ha estudiado cómo influye la profundidad, volumen y forma del envase sobre las características morfo-funcionales y el sistema radical de especies de *Pinus* (Cifuentes *et al.*, 2001; Domínguez-Lerena *et*

al., 2006) y *Quercus* (Pemán *et al.*, 2006; Chirino *et al.*, 2008). También se ha ensayado acerca de las propiedades hidrológicas de los contenedores de corcho (Carmona *et al.*, 2003). En otros trabajos se ha analizado la influencia del tipo de contenedor utilizado en vivero sobre el desarrollo post-plantación de especies de *Pinus* (Ocaña *et al.*, 2001; Villar-Salvador *et al.*, 2001a).

- *dosis de fertilización*. Algunos autores (Carrasco *et al.*, 2001) han comparado métodos de fertilización convencional y exponencial de nitrógeno en plantas de *P. halepensis* y *P. nigra* cultivadas en contenedor. Oliet *et al.* (2004) han investigado acerca de la aplicación de fertilizantes de liberación controlada sobre plántulas de *Pinus halepensis* en contenedor. Por otra parte, son numerosos los trabajos en los que se evalúa el efecto del nivel, dosis y tipo de fertilización en vivero sobre la supervivencia y desarrollo post-plantación de diferentes especies mediterráneas: *Abies pinsapo* (Navarro *et al.*, 2006a), *Pinus halepensis* (Oliet *et al.*, 1997; Puértolas *et al.*, 2003), *Pinus canariensis* (Luis, *et al.*, 2009), *Quercus ilex* subsp. *ballota* (Villar-Salvador *et al.*, 2004b), *Quercus suber* (Zazo *et al.*, 2005) y *Retama sphaerocarpa* (Villar-Salvador *et al.*, 2008).

- *micorrización de plantas*. Barea y Honrubia (2004) señalaron las fases a seguir para la producción de planta micorrizada, así como las ventajas de su utilización. Otros autores (Caravaca *et al.* 2006) han estudiado la efectividad de la inoculación con hongos que forman micorrizas arbusculares, sobre la colonización micorrizógena, el crecimiento de la planta y la asimilación de nutrientes en *Juniperus oxycedrus*. También se ha estudiado el efecto de la inoculación con hongos ectomicorrízicos (*Pisolithus tinctorius*, *Tuber melanosporum*, *Suillus mediterraneensis*) sobre los parámetros morfológicos y/o fisiológicos de algunas especies de *Quercus* y *Pinus halepensis* (Domínguez *et al.*, 2001a; Morte *et al.*, 2001; Domenech *et al.*, 2004).

- *calidad de planta*. Dentro de este apartado se incluyen los trabajos realizados por Pardos *et al.* (1997) y Calderón (2005) en los que se estudia la influencia de la época de siembra y el tamaño de la bellota sobre la calidad de planta de *Quercus petraea* y *Quercus suber*. En otros trabajos (Gil y Pardos, 1997) se ha estudiado la calidad fisiológica de la planta forestal. Luis *et al.* (2009) testaron la influencia de diferentes prácticas de cultivo en vivero (sustratos naturales y artificiales, diferentes

contenedores y fertilizantes de lenta liberación) sobre atributos morfológicos, fisiológicos y de respuesta de *Pinus canariensis*.

Navarro *et al.* (2001a) han aplicado un programa de control de calidad de planta mediante el análisis de distintos atributos materiales y de respuesta, para encina y alcornoque, en diversos viveros forestales. Por otra parte, el control de calidad en la planta micorrizada es un tema que ha sido tratado por algunos autores (Reyna *et al.*, 2000; Domínguez *et al.*, 2001b), así como la producción de planta de calidad en vivero y su relación con la supervivencia y desarrollo de las plántulas en campo (Villar-Salvador *et al.*, 2001b; Del Campo *et al.*, 2005; Navarro y Del Campo, 2005; Del Campo *et al.*, 2007).

Además, como resultado de la aplicación de los programas de forestación, se han ido desarrollando otras líneas de investigación relacionadas con el desarrollo y la supervivencia de las plantaciones, entre las que se encuentran las siguientes:

- *Evolución y desarrollo de las plantaciones*: Navarro *et al.* (2001b) evalúan los trabajos de forestación de tierras agrarias en la Provincia de Huelva. Flores *et al.* (2001) analizaron la respuesta del almez, durante los primeros años post-plantación en la provincia de Murcia. Martínez y Ruíz (2001) exponen las experiencias sobre forestaciones realizadas al amparo del plan de forestación de Castilla-La Mancha. Estos autores comentan las variables más importantes que inciden en el trabajo de forestar, describiéndose los usos del suelo previos a la forestación, distintos tipos de preparación del terreno, especies utilizadas, sistemas de protección, estado sanitario, etc. Otros autores presentan los resultados de las investigaciones desarrolladas para optimizar la supervivencia y el crecimiento de especies autóctonas (Vilagrosa *et al.*, 1997; Royo *et al.*, 1997; Vilagrosa *et al.*, 2001; Oliet *et al.*, 2002; Pausas *et al.*, 2004).

- *Preparación del terreno*. Existen trabajos en los que se evalúa la influencia de la técnica de preparación del suelo sobre la supervivencia y desarrollo de las plantaciones, pero no son muy abundantes por su coste y dificultad en la ejecución de los diseños experimentales. Las preparaciones de suelo ensayadas por algunos autores han sido hoyos mecanizados y subsolado lineal enmendados con residuos urbanos frescos o compostados en repoblaciones con *P. halepensis* (Castillo *et al.*, 2001; Martínez-Fernández *et al.*, 2001; Barberá *et al.*, 2005). Otros autores también han ensayado

algunos de esos procedimientos de preparación del terreno pero sin añadir enmiendas orgánicas y utilizando especies del género *Quercus* (Iglesias y Serrada, 2005b; Nicolás *et al.*, 2005; Palacios *et al.*, 2009). La utilización de hongos micorrizógenos y enmiendas orgánicas junto a la realización de hoyos manuales y mecanizados en terrazas sobre una forestación con *P. halepensis* en áreas semiáridas degradadas del sureste español también ha dado buenos resultados (Querejeta *et al.*, 1998; García *et al.*, 2000). Estos autores evaluaron el efecto de estos tratamientos sobre la actividad microbiana de los suelos forestados. Por otra parte, en otros trabajos (Querejeta *et al.*, 2000, 2001, 2008) se analizó el efecto de la preparación del terreno sobre las propiedades físicas y el contenido de humedad del suelo, así como su efecto sobre algunos parámetros ecofisiológicos en el pino carrasco. Otros autores han ensayado técnicas de preparación del terreno que permiten aumentar temporalmente la cantidad de agua que recibe la planta (microcuencas), construyendo sobre el terreno y con los mismos materiales del suelo, estructuras receptoras y recolectoras de agua asociadas a la preparación del suelo en forestaciones (De Simón, 1990; De Simón *et al.*, 2004a; Saquete *et al.* 2005; De Simón *et al.*, 2006).

- *Tratamientos post-plantación.* Son muy variados los tratamientos culturales que se aplican después de la plantación para reducir el estrés post-plantación. Algunos de estos tratamientos consisten en aplicar diferentes tipos de protectores y evaluar sus efectos sobre las condiciones microclimáticas, la supervivencia y el desarrollo de plantaciones con diferentes especies mediterráneas (Oliet *et al.*, 2000; Oñoro *et al.*, 2001; Bellot *et al.*, 2002; Navarro *et al.*, 2005a; Oliet *et al.*, 2005; Del Campo *et al.*, 2006; Oliet y Jacobs, 2007). La utilización de mulch e hidrogeles en la banqueta de plantación con objeto de mejorar las condiciones hídricas del suelo, también es una técnica ensayada por algunos autores (Navarro *et al.*, 2005a; Navarro *et al.*, 2005b). Otros tratamientos consisten en la aplicación de residuos orgánicos para mejorar el establecimiento de las plantas, a través de cambios en los parámetros físicos, bioquímicos y biológicos del suelo (Caravaca *et al.*, 2002a, 2002b). Por otro lado, existen diversos trabajos en los que se ha testado el efecto de la fertilización inorgánica y/o de lodos de depuradora sobre la morfología y fisiología de plantones de repoblaciones de *P. halepensis* y *Q. ilex* en condiciones mediterráneas secas y semiáridas (Valdecantos *et al.*, 2000; Fuentes *et al.*, 2007a, 2007b). Son muy escasos los trabajos en los que se ha investigado acerca de la aplicación de riegos de establecimiento o de mantenimiento en forestaciones (Pardos *et al.*, 2005). La eliminación de las plantas adventicias

mediante la realización de binas durante los meses de abril y octubre en los primeros años post-plantación es otro cuidado cultural poco analizado (López *et al.*, 2001). Proporcionar sombreo artificial a las plántulas así como la siega de herbáceas en la banqueta de plantación, son otros tratamientos culturales que se han utilizado, con diferentes especies del género *Quercus* (Rey-Benayas, 1998; Rey-Benayas *et al.*, 2005). Estos autores también han evaluado la respuesta de las plántulas de *Q. ilex* tras haber interrumpido la realización de los tratamientos culturales durante 6 años (Rey-Benayas y Camacho-Cruz, 2004).

En los últimos años, la importancia de la forestación de tierras agrarias y restauración de la cubierta vegetal es tal, que se están publicando libros y volúmenes de revistas dedicadas por completo a las líneas de investigación anteriormente citadas:

- Calidad de planta: Cortina *et al.*, 2006;
- Reproducción de semillas: Navarro y Gálvez, 2001;
Producción de planta forestal: Peñuelas y Ocaña, 1996; Navarro y Pemán, 1997; Navarro *et al.*, 1998; Ruano, 2003.
- Repoblaciones forestales: Oliet *et al.*, 2003; Cuad. Soc. Esp. Cienc. For. 17 (2004) y 28 (2008);
- Forestación de tierras agrarias: Gómez-Jover y Jiménez, 1997; De Simón *et al.*, 2004b; Fernández *et al.*, 2004.

La importancia de muchos de estos factores para el éxito de las forestaciones, la escasez de resultados o la existencia de resultados parciales así como la especie y/o sitio-dependencia de los mismos, nos llevaron a evaluar diferentes técnicas de preparación del suelo así como la aplicación de tratamientos post-plantación en forestaciones de tierras agrícolas, como algunos de los objetivos de estudio de esta Tesis. Para ello, es clave conocer de forma precisa las características de los suelos agrícolas sobre los que se realizan las forestaciones.

I.4. Diferencias entre terrenos agrícolas y terrenos forestales.

Los suelos de los ecosistemas forestales naturales poseen unas condiciones ideales ya que teóricamente han alcanzado el equilibrio con el medio, por ello se consideran entidades estables y plásticas que sólo se alteran temporalmente por la acción del fuego, la fuerza del viento u otros fenómenos naturales (Pritchett, 1986). Las prácticas de manejo de suelos

para uso agrícola o forestal intensivo, tienden a alterar las propiedades del mismo durante la etapa de desarrollo de la plantación o cultivo (Bienes *et al.*, 1996).

La cubierta forestal es la característica más distintiva de los suelos forestales y contribuye considerablemente a las propiedades únicas de ellos. La cubierta forestal y la capa de hojarasca superficial resultante, proporcionan un microclima y un espectro de microorganismos diferentes de los que aparecen en suelos cultivados u otro tipo de suelos. Procesos como los ciclos de nutrientes y la formación de ácidos orgánicos a partir de residuos en descomposición y la consecuente lixiviación de las bases, constituyen un carácter distintivo en los suelos con cubierta forestal (Pritchett, 1986).

Gran parte de los restos orgánicos se mezclan gradualmente con el suelo mineral y, junto con las partes subterráneas de la planta, forman la fracción orgánica del suelo, que sirve como fuente de carbono, nitrógeno y otros nutrientes, para que la utilicen las siguientes generaciones de organismos. Algunos nutrientes, especialmente el nitrógeno, pueden ser factores limitantes en ecosistemas terrestres (De Angelis, 1992).

Los árboles del bosque o los matorrales, proporcionan al suelo cantidades considerables de materia orgánica en forma de hojas, así como raíces en descomposición. La capa de hojarasca ejerce una profunda influencia sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Por otra parte, la presencia de vegetación forestal y de hojarasca conducen a condiciones de humedad y de temperatura más uniformes y favorables para la descomposición y la lixiviación de la capa de hojarasca, que a su vez promueve el desarrollo de una población de microflora y fauna más diversificada y activa que las que se hallan en los suelos agrícolas (Pritchett, 1986). Las capas de hojarasca, además ofrecen una protección mecánica frente al impacto de la lluvia, la erosión y aumentan la infiltración de agua (Prause y Gallardo-Lancho, 2000).

En áreas mediterráneas, las diferencias más significativas entre suelos forestales y suelos agrícolas derivan, en parte, del hecho de que los suelos más deseables han sido seleccionados para su uso agrícola. Un drenaje deficiente, laderas pronunciadas o la presencia de piedras voluminosas, son ejemplos de condiciones del suelo que favorecen el uso forestal sobre el agrícola.

Los suelos forestales son entidades naturales que manifiestan una sucesión bien definida de horizontes, mientras que los suelos agrícolas pueden describirse como productos artificiales de las actividades humanas (Pritchett, 1986). Los terrenos agrícolas de ambientes mediterráneos secos y semiáridos, han estado durante siglos sometidos a una intensa actividad antrópica dando lugar a suelos pobres en nutrientes y materia orgánica (Godron, 1995; Caravaca *et al.*, 1999; Aronson *et al.*, 2000).

La materia orgánica del suelo, su descomposición y la mineralización de los nutrientes, son importantes en el funcionamiento de los ecosistemas forestales. Estos procesos que están regulados por la actividad biológica del suelo, influyen significativamente en las propiedades físicas, químicas, hidrológicas y biológicas del mismo (Setälä *et al.*, 2000). Por tanto, según Hopmans *et al.* (2005) la materia orgánica es adecuada como indicador de la fertilidad de los suelos.

Los contenidos orgánicos del suelo son de vital importancia proporcionando energía, sustrato, y la diversidad biológica necesaria para mantener numerosas funciones del suelo. El concepto de calidad del suelo ha reconocido a la materia orgánica como un atributo importante que tiene gran control sobre muchas de las funciones clave del suelo (Doran y Parkin, 1994). Sin embargo, la materia orgánica varía entre ambientes y sistemas, generalmente registrándose valores más altos con precipitaciones anuales medias mayores, con menores temperaturas medias, con alto contenido en arcilla, con vegetación natural, con mayor aporte de residuos de cultivos, etc. (Jenny, 1980; Nichols, 1984; Burke *et al.*, 1989; Franzluebbbers *et al.*, 1998).

Franzluebbbers (2002) definió la tasa de estratificación como la relación entre los valores de los parámetros en la superficie del suelo y su valor a una profundidad mayor. El grado de estratificación de la materia orgánica con la profundidad ha sido sugerida como un indicador de la calidad del suelo, porque la materia orgánica de la superficie es esencial para el control de la erosión, la infiltración del agua y la conservación de nutrientes. (Franzluebbbers, 2002). Este autor indica que altas tasas de estratificación de los pool de C y N orgánico podrían ser buenos indicadores de la dinámica de calidad del suelo, independientemente del tipo de suelo y régimen climático, porque tasas mayores de 2 no serían comunes bajo condiciones degradadas. Es ampliamente reconocido que terrenos no labrados conducen

a estratificación del pool de materia orgánica, con la mayor acumulación en la capa superficial (Rasmussen y Parton, 1994; Sá, 1999; Franzluebbers *et al.*, 2007). Sin embargo, en los terrenos agrícolas el efecto del cultivo redistribuye el C y N en todo el perfil que se labra, disminuyendo así la tasa de estratificación.

Por otra parte, la degradación del terreno que ocurre con frecuencia en ambientes semiáridos, generalmente supone un empeoramiento de las propiedades físico-químicas del suelo y un cambio en el balance hídrico local: las pérdidas por escorrentía y evaporación tienden a incrementar, mientras que la acumulación de humedad en el perfil decrece (Albaladejo, 1990; Boer, 1999). Klemmedson (1989) señala que los suelos de ambientes secos están pobremente desarrollados, son poco profundos, presentan excesiva pedregosidad y son pobres en materia orgánica. Estas características tienden a limitar la capacidad de almacenamiento de humedad del perfil del suelo (Querejeta *et al.*, 2001).

Las prácticas agrícolas que han llevado a cabo durante siglos los agricultores han dado lugar a la transformación de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Baudry, 1991; Lal y Stewart, 1992; Le Bissonnais y Arrouay, 1997; Fernández-Ondóño, 2004) como por ejemplo la disminución del contenido en materia orgánica, la degradación de la estructura del suelo, la alteración de la porosidad y la densidad aparente, la compactación, la reducción en la capacidad de infiltración, el desequilibrio en el contenido en sales, el aumento gradual de patógenos, etc.

En Boardman *et al.* (1990), diversos autores analizan los efectos que producen distintas técnicas agrícolas sobre las propiedades del suelo y la erosión. Se modifica por un lado la textura con labores como el despedregado, aportes de tierra, etc. También se altera la estructura con el arado, la preparación de la banqueta de siembra y el apisonamiento del suelo. Esto genera inestabilidad estructural que afecta a la porosidad del suelo, y por tanto al contenido de aire y de agua. La capacidad de absorción y la capacidad de cambio disminuyen, y las fluctuaciones de pH son más bruscas.

La estabilidad estructural es considerada como uno de los principales factores para el control de la hidrología, del encostramiento y la protección frente a la erosión de la capa superior del suelo (De Ploey, 1985). Cuando se rompe la estructura, las partículas se separan, la escorrentía se incrementa

y la infiltración y retención de agua se reducen. Una estructura pobre, tamaño de agregado pequeño y baja estabilidad aumentan el sellado de la superficie, reduciendo el rango de infiltración e incrementando el potencial de erosión del suelo (Sarah, 2005).

El contenido en carbono orgánico está positivamente correlacionado con la estabilidad de los agregados (Haynes y Swift, 1990). Una disminución en carbono orgánico con la consiguiente reducción de los agregados y pérdida de estabilidad estructural, conlleva problemas de degradación del suelo (Elliot, 1986; Guerra, 1994). En Europa, la degradación del suelo debida a la erosión es probablemente el problema ambiental causado por la agricultura convencional más importante, afectando a 157 millones de ha (16 % de Europa). En la región Mediterránea, la erosión y degradación del suelo supone unas pérdidas entre 20 y 40 toneladas de suelo por ha (Paz y Vidal, 2005).

La influencia del manejo del suelo en la textura del mismo fue considerada por Hajabbasi *et al.* (1997) en suelos con bosques naturales, en explotaciones forestales y en zonas deforestadas. El porcentaje en arcilla era mayor en los horizontes superiores en las zonas arboladas mientras que, en las zonas deforestadas o con cultivos intensivos, la arcilla se acumulaba en los horizontes inferiores del perfil. Estos autores sugieren la pérdida de materia orgánica en superficie y la consiguiente pérdida de estructura del suelo como causa de la movilización y pérdida por erosión de arcilla en estos últimos lugares.

A la hora de evaluar los efectos ocasionados por la agricultura en los suelos, hay que tener en cuenta que éstos se hallan agravados por la climatología xérica de nuestras zonas mediterráneas, donde además la materia orgánica y los elementos que de ella derivan constituyen por sí mismos una limitación. Asimismo, la torrencialidad de las lluvias en determinadas épocas del año agrava el riesgo de erosión y el consiguiente peligro de pérdida de suelo. Cuando el cultivo se abandona, el clima sigue actuando de forma negativa sobre él. En este sentido, los estudios realizados por Sánchez (1995) no revelan diferencias significativas en el grado de evolución en los suelos agrícolas de una región de Albacete, tras 25 años de abandono. Es más, de hecho incluso sufrieron un proceso de degradación debido a la intensificación de los procesos erosivos. Pone esto de manifiesto, no solo la fragilidad de los suelos tras el abandono de la actividad agrícola, sino la lentitud con la que se recuperan las

características edáficas naturales. Esto sin tener en cuenta la irreversibilidad de este proceso erosivo que se presenta frecuentemente en zonas semiáridas como el sureste de la Península (Francis, 1990).

A pesar de que los suelos agrícolas aparecen normalmente en lugares llanos, con profundidad del perfil generalmente elevada y con poca pedregosidad, presentan una fuerte desestructuración y un elevado desequilibrio nutricional y biológico que pueden afectar en buena medida al desarrollo normal de las forestaciones. Esto lleva a la necesidad de realizar una adecuada preparación previa del suelo y cuidados post-plantación que favorezcan la instalación y crecimiento de las plantas introducidas.

I.5. Técnicas de preparación del suelo

La restauración y creación de ecosistemas forestales permanentes mediante la forestación de tierras agrarias es un proceso en el que se tienen que aplicar técnicas sencillas de forestación que suelen generar procesos muy complejos (hidrológicos, biológicos y ecológicos), ya que su aplicación supone la transformación de comunidades enteras y, de forma indirecta, la modificación de la microtopografía y estructura del suelo en la zona de aplicación del tratamiento (De Simón, 1994).

El éxito de la revegetación de áreas semiáridas degradadas con frecuencia requiere la mejora, previa a la plantación, de las condiciones de humedad local, a través de técnicas de preparación del suelo (Querejeta *et al.*, 2001).

Bocio (2002) señala que es necesario realizar una preparación del suelo para la forestación de tierras agrarias por varias razones:

- La utilización de plántulas procedentes de vivero de corta edad y con un sistema radicular reducido requieren de una buena preparación del suelo que facilite su arraigo y el primer desarrollo.
- Las deficientes condiciones edáficas de los terrenos agrícolas marginales (compactación del suelo, presencia de suelas de labor, etc.) pueden ser mejoradas con la aplicación adecuada de las preparaciones del suelo.

- Cuando el suelo carece de una cubierta de matorral que pueda evitar los efectos de los impactos de las gotas de lluvia sobre el suelo y la formación de escorrentías, como sucede en las tierras agrarias, los procedimientos lineales de preparación del suelo constituyen un sistema ideal de conservación de suelos mediante la regulación del flujo de agua que se produce con los episodios de lluvia de fuerte intensidad, y que provoca que tales terrenos constituyan importantes focos de erosión acelerada.

En este sentido, es conveniente construir estructuras hidráulicas sobre la misma superficie del suelo, como son los caballones y las fajas intermitentes con desagüe, que permitan controlar las escorrentías y reducir los procesos erosivos desde el inicio de la forestación. Igualmente, se pueden controlar parcialmente las escorrentías en preparaciones puntuales con microcuencas y así mejorar el aprovechamiento de agua.

- En las áreas mediterráneas, en las que existe un intenso período de sequía estival, e imprevisibles precipitaciones tanto en cantidad como en su variabilidad espacial y temporal (Joffre *et al.*, 1999), los procedimientos de preparación del suelo se justifican si mejoran la cantidad de agua que puede utilizar la planta introducida en la fase inicial de la forestación, la implantación y los primeros años de su desarrollo.

De hecho, en las zonas secas y semiáridas, el agua es el mayor factor limitante para la reconstrucción de los ecosistemas (Vallejo *et al.*, 2000). Por ello, para conseguir restaurar estos ecosistemas, es necesaria la utilización de un amplio rango de técnicas que mejoren las condiciones del terreno y aceleren la implantación de las plántulas (De Simón *et al.*, 1990; Barberá *et al.*, 2005; Saquete *et al.*, 2005).

La preparación del suelo tiene como objetivo principal mejorar la capacidad de acogida del suelo mediante la modificación de sus propiedades a corto plazo, favoreciendo con ello el establecimiento de la plantación. Con la preparación de suelo se pone a disposición de la planta un volumen de tierra eficaz, más o menos mullida, que puede ser determinante para la supervivencia de la repoblación en sus primeros años (Bocio, 2002).

Dependiendo de las condiciones edáficas iniciales, De Simón (1990) y Serrada (2000) señalan otros objetivos de la preparación del terreno:

1. Facilitar las labores de plantación y, en su caso, las de siembra.
2. Aumentar la profundidad útil del perfil del suelo, disgregando las capas profundas mediante acción mecánica.
3. Aumentar la capacidad de retención de agua del suelo, en el entorno de las plantas introducidas, mediante el aumento de la profundidad útil del perfil del suelo.
4. Aumentar la velocidad de infiltración de agua en el perfil mediante un mullido del suelo, que permita reducir la escorrentía y, por tanto, la erosión hídrica.
5. Facilitar la penetración mecánica de las raíces de las plantas introducidas, reduciendo transitoriamente la resistencia del suelo.
6. Facilitar la formación de un sistema radical más extenso, para que la repoblación pueda compensar las posibles deficiencias hídricas y baja fertilidad del suelo.
7. Facilitar la aireación de las capas profundas del perfil mediante el mullido del suelo, mejorando con ello el ecoclima edáfico y el potencial biológico del suelo.
8. Reducir la competencia con la vegetación natural en el entorno de las plantas repobladas.
9. Aumentar la cantidad de agua que puede recibir la repoblación aumentando los impluvios directos mediante la formación de microcuencas o sistematizando el terreno con cuencas de contorno.

En España, durante las últimas décadas, el método de preparación del terreno más usado ha sido la creación de terrazas mediante subsolado. Con esta técnica se consigue incrementar la disponibilidad de agua, reduciendo la escorrentía y aumentando la capacidad de infiltración del suelo (Serrada, 1990). Diversos autores (Nicolás *et al.*, 1997; Serrada *et al.*, 1997; Querejeta *et al.*, 2001) apuntan que las preparaciones más intensas que proporcionan una mayor remoción del terreno, como es el caso del aterrazado con subsolado, suelen favorecer más el arraigo y desarrollo de las plantaciones porque incrementan la disponibilidad de agua del suelo. Bajo diferentes condiciones ambientales, otros autores (Karlsson, 2002; Iglesias y Serrada, 2005; Palacios *et al.*, 2009), han obtenido porcentajes de supervivencia superiores en preparaciones realizadas mediante subsolado frente a las puntuales. Sin embargo, Nicolás *et al.* (2005), encontraron

mayor supervivencia y crecimiento en diámetro para *Q. faginea*, en preparaciones en ahoyado con retroexcavadora frente al subsolado. Por otra parte, la formación de terrazas puede afectar negativamente a la fertilidad, estructura y características biológicas del suelo (Barber y Romero, 1994; Williams *et al.*, 1995). Querejeta *et al.* (2000, 2001) señalan que el aterrazamiento manual es una técnica alternativa que causa menos perturbaciones en el suelo y en el entorno. Las preparaciones que llevan asociadas algún tipo de estructura hidráulica (caballones, microcuencas, fajas discontinuas, etc.) también pueden incrementar la disponibilidad de agua en el entorno de la planta forestada (Bocio, 2002). Con la preparación puntual del suelo en ahoyados y la construcción de regueros laterales, se organiza el terreno en microcuencas, consiguiendo que el agua de lluvia que recibe cada planta, se complemente con las escorrentías superficiales.

Recientemente, el uso de enmiendas orgánicas (lodos de depuradora, residuos sólidos urbanos, etc.) en la preparación del suelo ha dado buenos resultados ya que estimulan la actividad microbiana, y mejoran las propiedades físicas y químicas del suelo, así como el aporte de nutrientes, lo que se traduce en mayor supervivencia y desarrollo de las plántulas (Roldán *et al.*, 1996; Querejeta *et al.*, 2001; Ros *et al.*, 2003; Castillo *et al.*, 2004; Valdecantos *et al.*, 2004; Larchevêque *et al.*, 2006). Sin embargo, también hay casos en los que la aplicación de residuos orgánicos, ha tenido un efecto negativo sobre la supervivencia de las plántulas (Valdecantos *et al.*, 2003) debido a diversas causas: por competencia con la vegetación natural, porque provocan toxicidad y desequilibrios nutricionales o debido a la formación de grietas y huecos en el suelo que provoca el descalzado de los plantones, produciendo su muerte.

I.6. Tratamientos post-plantación

El objetivo de toda plantación forestal es lograr la supervivencia y crecimiento de un número suficiente de plantas que garanticen la producción y/o el objetivo perseguido. En este sentido, no basta con hacer una buena elección de especie y una adecuada plantación sino que además es necesario mantener un nivel mínimo de tratamientos post-plantación (cuidados culturales) encaminados a proteger y favorecer el desarrollo de las plantas en sus primeras etapas de crecimiento (Navarro y Martínez, 1996).

El estrés posterior a la plantación es una de las causas más frecuentes del fracaso de las plantaciones forestales, y puede ser muy

intenso bajo condiciones semiáridas con limitada disponibilidad de agua en el suelo (Oliet *et al.*, 2005).

Los ecosistemas mediterráneos se caracterizan por la estacionalidad climática, con la existencia de un período de altas temperaturas y baja disponibilidad hídrica, y otro de mayor disponibilidad hídrica y bajas temperaturas. Debido a que en amplias zonas las temperaturas invernales son relativamente suaves salvo en zonas con un marcado clima continental, se considera que la disponibilidad hídrica es el principal factor que regula la actividad de las plantas (Di Castri, 1973; Mooney *et al.*, 1975). Además, hay que tener en cuenta que las estrategias de las plantas para optimizar el uso del agua se desarrollan en un contexto donde existen limitaciones por otros recursos (por ejemplo nutricionales) y por condiciones ambientales que no son óptimas (temperaturas elevadas, alta radiación, compactación del suelo, etc.) (Vilagrosa *et al.*, 2005).

Alloza y Vallejo (1999), estudiaron la correlación entre los porcentajes de marras y algunas variables climáticas. Así, la escasez de precipitaciones en el período inmediatamente posterior a la plantación es el factor que produce mayor riesgo para la supervivencia de la planta en zonas mediterráneas, especialmente en aquellas zonas donde es posible el inicio de actividad vegetativa durante el invierno.

El acceso al agua y la regulación de las pérdidas por transpiración afecta a la supervivencia y al crecimiento de las especies principalmente en el estadio de plántula, ya que es entonces cuando las limitaciones ambientales producen un efecto más intenso (Kozlowski *et al.*, 1991; Larcher, 1995). En este sentido, la mejora de las condiciones microambientales y consiguiente reducción del estrés post-plantación son algunas de las actuaciones para facilitar el establecimiento de los plantones en condiciones de campo.

El uso generalizado de la encina (*Quercus ilex* subsp. *ballota*) en programas de forestación de tierras agrarias promovidos por la PAC, se ha incrementado fuertemente en los últimos 12 años, en contraposición a las especies del género *Pinus*, que se utilizaron ampliamente en el pasado (Villar-Salvador *et al.*, 2004b). En zonas secas y semiáridas, las plantaciones con encina se caracterizan por una baja supervivencia y un lento crecimiento, lo que parece ser debido a la vulnerabilidad de esta especie frente a factores ambientales, especialmente durante el período de sequía

del primer verano post-plantación (Matney y Hodges, 1991; Gómez y Elena, 1997).

Los resultados obtenidos por López *et al.* (2001) señalan la necesidad de realizar un mantenimiento de la plantación durante los primeros años, ya que éste favorecería el desarrollo de las encinas y aumentaría la probabilidad de supervivencia.

Los factores que condicionan la supervivencia y el desarrollo de las plántulas de encina pueden ser muy variados: escasa disponibilidad de agua (Cartan-Son *et al.*, 1992; Mayor *et al.*, 1994; Rey-Benayas, 1998), suelos pobres en nutrientes, especialmente en N y P (Vallejo *et al.*, 2000; Terradas, 2001; Sardans y Peñuelas, 2004, 2005), presión de los herbívoros, competencia con vegetación herbácea, exceso de radiación, altas temperaturas estivales, etc. (Baeza *et al.*, 1991; Retana *et al.*, 1999; Cierjacks y Heslen, 2004; Seva *et al.*, 2004). Varios autores han diseñado experiencias de forestación para estudiar la influencia de estos factores en el desarrollo de las plantaciones. El aporte de nutrientes, la humedad edáfica y la influencia de la radiación han sido tres de los parámetros mejor estudiados (Vallejo y Alloza, 1998; Querejeta *et al.*, 2001; Valdecantos *et al.*, 2002; Valdecantos *et al.*, 2006). En general, muchos trabajos señalan la escasez de los recursos hídricos como uno de los factores más limitantes para la supervivencia de las especies mediterráneas del género *Quercus* (Aschmann, 1984; De Simón, 1990; Rodó y Comín, 2001).

Sin embargo, Fenner (1987) indica que las características fisiológicas y morfológicas de las especies son la única limitación. Los resultados encontrados por Sánchez-Andrés *et al.* (2006) también parecen indicar que las características intrínsecas de las especies son las responsables del patrón de crecimiento específico, aunque una adecuada gestión del suelo (como una escarda mecanizada), durante las primeras etapas de crecimiento, puede inducir a una dinámica de crecimiento más rápido, ya que los recursos del suelo (agua y nutrientes) están más disponibles para la planta. Por lo tanto, la gestión del suelo puede llegar a ser un factor clave en el éxito y viabilidad de las forestaciones en zonas mediterráneas.

Los cuidados culturales o post-plantación son uno de los factores que pueden favorecer el arraigo y establecimiento de las plántulas (Gil y Pardos, 1997). El diccionario forestal de la Sociedad Española de Ciencias Forestales (2005) define cuidados o tratamientos culturales como aquellas

operaciones que se ejecutan para mejorar el desarrollo de una masa forestal en cualquiera de las etapas de su vida. Se incluyen entre estos trabajos la eliminación de herbáceas, clareos, claras, e incluso las cortas de mejora, así como podas, las operaciones sobre el suelo, riegos, etc. Actualmente, existe un gran abanico de técnicas ecotecnológicas aptas para mejorar las condiciones microambientales y reducir el estrés posterior a la plantación, incluyendo tubos protectores, mulches (tanto orgánicos como inorgánicos), geles hidrofílicos, enmiendas orgánicas e inorgánicas, inóculos de hongos micorrízicos, bacterias solubilizadoras de P, etc. (Vilagrosa *et al.*, 2005).

En localidades con primaveras lluviosas y veranos muy secos se puede desarrollar un herbazal de especies anuales que entre en competencia hídrica con la forestación y aumente el peligro de incendios. En los primeros años tras la plantación, se aplican binas para evitar estos riesgos y ayudar a mejorar las condiciones hídricas de las plantas reduciendo las pérdidas de agua en el suelo (Pemán y Navarro, 1998; Serrada, 2000). La bina es una labor consistente en el desmoronamiento de la capa superficial del suelo de 10 a 20 cm, usada para controlar la competencia de las malas hierbas y romper los tubos capilares que favorecen la evaporación del agua.

En las zonas con especiales condiciones climáticas, con un largo período seco y un reparto temporal de las lluvias muy irregular, puede ser muy conveniente considerar la posibilidad de realizar riegos de establecimiento o de mantenimiento en las plantaciones. Los riegos de establecimiento se dan en el mismo momento de ejecutar la plantación, mientras que los de mantenimiento son los que se dan a mediados o finales del período estival para ayudar a las plantas a superar el estrés hídrico hasta la llegada de la época de lluvias (Navarro y Martínez, 1997). Estos riegos sólo sirven para ayudar a la plantación en sus primeros años, por lo que sólo se repetirán a lo sumo el segundo y tercer año, hasta que la raíz de la planta se haya desarrollado lo suficiente para que ésta pueda sobrevivir de forma independiente (Navarro y Martínez, 1996). Aunque la utilización del riego está muy limitada por la disponibilidad de agua para estos menesteres, por la dificultad de su distribución, y por los costes económicos y ecológicos, en determinados terrenos agrícolas pueden ser viables riegos puntuales en parcelas de pequeña superficie a un coste razonable (Pemán y Navarro, 1998). En estos casos, el riego se realiza pie a pie con cisternas, sobre terrenos de fácil acceso a tractores con remolque y para plantas que

tienen una parte aérea excesivamente grande para un sistema radical reducido (Serrada, 2000).

El mulch o cobertura vegetal es un material higroscópico constituido mayoritariamente por compuestos inorgánicos y orgánicos vegetales que se utiliza para cubrir el suelo y mantener una humedad persistente. La utilización de mulches ha sido reconocida como una práctica beneficiosa en sistemas agronómicos y forestales (Adams, 1997; Haywood, 1999). Algunos beneficios que han sido atribuidos a su uso son la reducción de competencia herbácea (Haywood, 2000; Green *et al.*, 2003) y el incremento en la disponibilidad de los recursos del suelo tal como nitrógeno y agua (Thuax y Gagnon, 1993; Wien *et al.*, 1993). Con la incorporación al suelo de compuestos orgánicos como lodos de depuradora, compost u otro tipo de residuos urbanos o agrícolas, las propiedades físicas (estabilidad de los agregados, porosidad, permeabilidad, capacidad de retención de agua), químicas (disponibilidad de nutrientes, capacidad de cambio catiónico) y biológicas (microflora, microfauna) pueden verse muy beneficiadas, favoreciendo así el éxito de la plantación (Sauerbeck, 1987; Ros *et al.*, 2001; Caravaca *et al.*, 2002c). Además, la adición de materiales orgánicos para crear una capa superficial de tipo empajado o acolchado (mulch) mejora la infiltración de la lluvia y la conservación del agua en el suelo (McDonald y Helgersson, 1994). La aplicación de enmiendas orgánicas ha sido ensayada en plantaciones forestales y ha dado buenos resultados, favoreciendo el crecimiento y supervivencia de las plantas en suelos muy degradados (Albaladejo *et al.*, 1996; Roldán *et al.*, 1996; García *et al.*, 1998; Querejeta *et al.*, 1998, 2000; Valdecantos, 2003). Por el contrario, existen casos en los que la aplicación de enmiendas orgánicas en plantaciones forestales, no ha dado resultado o bien éstos han sido negativos (Alonso *et al.*, 2000; Zagás *et al.*, 2000; Fuentes *et al.*, 2007b; Valdecantos *et al.*, 2002).

También se han señalado algunos inconvenientes asociados al uso de residuos orgánicos como enmendantes: aumento de la conductividad eléctrica y salinidad de los suelos (Martín *et al.*, 1980; Navas *et al.*, 1999), contaminación por metales pesados o compuestos orgánicos tóxicos (Davis, 1984; Sauerbeck, 1987), incorporación y proliferación de microorganismos patógenos (Glaub y Gouleke, 1989), inhibición de la germinación de semillas (Wong, 1985), o problemas derivados de los malos olores y de la presencia de restos inorgánicos en el residuo. Otros autores (García *et al.*, 1992a; Roldán y Albaladejo, 1993) señalan que la aplicación de residuos orgánicos puede aportar al suelo sustancias tóxicas para las raíces (sustancias

fenólicas, ácidos orgánicos de bajo peso molecular) que inhiben el desarrollo de la microflora en las primeras etapas de la descomposición.

Sin embargo, estos inconvenientes se pueden evitar con un adecuado control de la composición química y microbiológica del residuo que permita seleccionar aquellos materiales más idóneos para su uso como enmendantes orgánicos, así como con métodos de aplicación adecuados. La elección del tipo y dosis óptima del residuo es el método más eficaz de minimizar el impacto ocasionado por el uso de estos enmendantes (Castillo *et al.*, 2004).

Actualmente, el uso de biosólidos y residuos sólidos urbanos para la rehabilitación de ecosistemas degradados se ha incrementado debido a tres causas: necesidad de bajar los costes de desecho, contribuir al reciclado de nutrientes en el suelo, y compensar la disminución del contenido en materia orgánica de los suelos (Martínez *et al.*, 2003). En ecosistemas secos y semiáridos, los biosólidos pueden mejorar la baja fertilidad del suelo. Altos contenidos orgánicos pueden mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo y consecuentemente permitir una mayor rapidez en el establecimiento de plantas. Además, esto tiene un efecto de retroalimentación, conduciendo a la adición de más carbono orgánico de los residuos de plantas y el desarrollo de los sistemas radicales en el suelo que pueden contribuir a minimizar la escorrentía y con ello mitigar la erosión hídrica (García *et al.*, 1992b; Giausquiani *et al.*, 1995; Nortcliff, 1998).

La utilización de tubos protectores también es un tratamiento post-plantación ampliamente utilizado ya que aporta protección frente a la depredación, son un complemento al control de las malas hierbas y modifican las condiciones microclimáticas alrededor de la planta (Vallejo *et al.*, 2003; Navarro *et al.*, 2005a). Esta técnica empezó a desarrollarse en los años 80 en países centroeuropeos y Norteamérica, fundamentalmente para defender las plantaciones forestales de los daños ocasionados por herbivoría (Tuley, 1985). Al principio se utilizaban materiales caros, difíciles de manipular, transportar y colocar, hasta la llegada de los protectores de plástico (tubos invernadero). Algunos autores afirman que colocar a las plantas este tipo de protector, provoca una reducción del área foliar específica, un incremento en el índice de esbeltez con la consiguiente desproporción morfológica y pobre crecimiento, una reducción de la transpiración y supone un coste económico añadido (Bergez y Dupraz, 1997, 2000; Dupraz y Berger, 1999).

Bajo clima mediterráneo, los efectos que los protectores invernadero producen sobre las plantas, han sido objeto de estudio en un número muy reducido de trabajos. En general, los primeros estudios que se realizan evalúan el efecto de los protectores sobre la depredación por herbívoros, pero con el uso generalizado de los tubos invernadero el debate científico se centra en las modificaciones microclimáticas y sus efectos sobre la supervivencia, morfología y fisiología de la planta. De los trabajos realizados en estos ambientes (Bellot *et al.*, 2002; Oliet *et al.*, 2005; Navarro *et al.*, 2005a; Del Campo *et al.*, 2006; Oliet y Jacobs, 2007) se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- Normalmente, la supervivencia de las plantas no se ve favorecida por el uso de protector convencional tipo "invernadero".
- Se alcanzan aumentos considerables de la temperatura dentro del protector durante el día (entre 7-10°C), por lo que en el verano se pueden llegar a superar los 50°C dentro de estos protectores.
- Aumenta la humedad media dentro del protector (entorno a un 15%).
- El déficit de presión de vapor (VPD) aumenta dentro del protector. Aunque algunos autores encuentran menor VPD desde la mañana hasta el mediodía dentro del protector, después se invierte el proceso.
- Se produce una fuerte reducción de la radiación, entre el 50-80% de la radiación PAR (Photosynthetic Active Radiation) que depende del modelo de protector y su diseño.
- Algunos tipos de protectores pueden proporcionar mayor humedad en el suelo por aporte de la condensación y escorrentía de agua en la pared interna del protector.
- Todos los trabajos coinciden en que existe un aumento del índice de esbeltez (altura/diámetro del cuello de la raíz) y aumento de la biomasa foliar para compensar el déficit de radiación, lo que produce una planta descompensada e inestable.

I.7. Efecto de las forestaciones de tierras agrarias sobre la diversidad florística a escala de paisaje: influencia de las variables ambientales y del cambio de uso del suelo.

Otro de los puntos relacionados con la forestación de tierras agrarias que no ha sido suficientemente tratado, pero es de gran relevancia, es el efecto a escala paisajística de la aplicación de estos programas sobre la biodiversidad. Este tema es de especial importancia debido a que en general, los gobiernos y la Unión Europea han estado gastando alrededor de 3,5 billones de euros al año en planes dirigidos a fomentar una disminución de la agricultura intensiva, con objeto de conseguir un aumento en biodiversidad, preservación del paisaje, y calidad del agua y del suelo (Whitfield, 2006). Sin embargo, la mayoría de los estudios que evalúan los efectos de estas medidas, muestran beneficios mínimos e incluso efectos negativos sobre la biodiversidad, dependiendo del grupo de organismos y el plan agroambiental evaluado (Kleijn y Sutherland, 2003; Kleijn *et al.*, 2006; Albrecht *et al.*, 2007).

El objetivo de los planes de forestación de tierras agrícolas es reducir los productos excedentes, incrementar los recursos forestales y aportar protección del ambiente, paisaje y recursos naturales (incluyendo biodiversidad). El desarrollo de esas acciones han sido continuadas con la aplicación de las diferentes regulaciones europeas, las cuales subrayan la importancia de los instrumentos agroambientales y particularmente la forestación de tierras agrícolas, estableciendo la necesidad de mantener sistemas de apoyo a las medidas forestales en agricultura (Montiel, 2006).

Como un resultado de la aplicación de los programas de forestación a nivel europeo y otros a nivel estatal, el declive de la cubierta forestal en Europa se ha invertido, y el área boscosa en las regiones del Oeste se expande recientemente hasta aproximadamente 4.000 km² por año (FAO, 2006). Como se ha comentado con anterioridad, en España han sido forestadas 684.881 ha con financiación europea durante el período 1993-2006, con un total aproximado de 50.000 beneficiarios (MAPA, 2006). Este ritmo de forestación sólo es comparable con la intensidad máxima del proceso de repoblación forestal llevado a cabo entre 1950 y 1970 por el gobierno español (Marey-Pérez y Rodríguez-Vicente, 2008).

Sin embargo, el caso español es sólo una de las diferentes respuestas nacionales que han sido dadas en la Unión Europea a la aplicación de la

Regulación (CE) 2080/92 y por tanto, uno puede hablar de una especificidad nacional o incluso regional en la implantación del programa (Kleijn y Sutherland, 2003; Montiel, 2006). Esto dificulta enormemente la posibilidad de evaluar de forma global y objetiva los efectos de la aplicación de este plan europeo sobre la biodiversidad.

A pesar de ello, la importancia creciente de los valores no comerciales de los bosques mediterráneos, como biodiversidad, recreo al aire libre y paisaje, justificarían las subvenciones de la política propuesta (Santos *et al.*, 2006; Gimona y van der Horst, 2007). Pero, a diferencia de otros países centroeuropeos en los que se han realizado algunas evaluaciones sobre el efecto de las forestaciones de tierras agrícolas sobre aves (Pithon *et al.*, 2005), arácnidos (Oxbrough *et al.*, 2007), o especies de plantas (Wulf, 2004; Keersmaecker *et al.*, 2004), en la región Mediterránea se han realizado muy pocos estudios.

Parece por tanto necesario la evaluación del patrimonio natural que puede verse favorecido por la reconversión de campos agrícolas en terrenos forestales, cuantificando qué variables ambientales influyen y en qué grado sobre la distribución de la riqueza y la diversidad de especies. La respuesta a este tipo de cuestiones ayudaría a realizar una mejor planificación del programa de tierras agrarias para optimizar los impuestos de los contribuyentes de cara a la conservación del medio natural.

II. OBJETIVOS

II.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de diferentes técnicas de preparación del suelo y tratamientos posteriores a la plantación sobre la supervivencia y desarrollo de forestaciones realizadas en tierras agrarias desde el punto de vista de las relaciones suelo-planta, así como analizar la influencia del programa de forestación sobre la biodiversidad a escala de paisaje.

II.2. Objetivos específicos

- Evaluar la eficacia de ocho procedimientos diferentes de preparación del suelo en el establecimiento y crecimiento de una forestación de tierras agrarias realizada con *Pinus halepensis* y *Quercus ilex* subsp. *ballota*.
- Testar la influencia que el tamaño de la bellota y la preparación del suelo previa a la siembra, ejercen sobre la supervivencia y desarrollo de *Quercus ilex* subsp. *ballota*, tanto bajo condiciones óptimas controladas como bajo condiciones de elevado estrés hídrico.
- Analizar la influencia de diferentes tratamientos posteriores a la plantación (binas, coberturas orgánicas e inorgánicas, y riegos en diferentes períodos) en la supervivencia y el desarrollo de una forestación con *Q. ilex* subsp. *ballota* usando supervivencia, superficie foliar y concentración foliar de macro y micronutrientes.
- Determinar la calidad de planta de *Juniperus thurifera* procedente de un vivero comercial, compararla con los parámetros de calidad estándar de otras especies mediterráneas, y cuantificar su respuesta en campo. Evaluar el efecto que el protector invernadero produce sobre los parámetros microclimáticos y sobre las plántulas.
- Evaluar el impacto de la conversión de terrenos agrícolas en forestaciones sobre la diversidad de especies de plantas a escala paisajística y analizar los efectos de diferentes factores ambientales y cambios de uso del suelo.

III. MATERIAL Y MÉTODOS

III.1 Área de estudio

La mayor parte de los experimentos realizados en esta Tesis se llevaron a cabo en el Noreste de la provincia de Granada, comarca de Guadix, en dos fincas denominadas "Cortijo del Conejo y Albarrán" (897 ha) y "Cortijo Becerra" (1.183 ha). Se sitúan a una altitud comprendida entre los 900 y 1.000 m sobre el nivel del mar. Se trata de un área que se dedicó al cultivo de cereal y a la ganadería extensiva durante siglos, hasta su abandono en 1993, cuando fue comprada por la Administración autonómica.

Esta área de estudio se seleccionó por las siguientes razones:

- los terrenos de experimentación forman parte de una finca propiedad de la Consejería de Medio Ambiente (Montes de propiedad del Estado, Área Sierra de Baza, Monte 76/3 Cortijo de Becerra), que posibilita el seguimiento de investigaciones a largo plazo.
- La vocación del territorio donde se llevaron a cabo los ensayos ha sido tradicionalmente agrícola hasta su compra por la Administración en el año 1993, con lo que cumple con los requisitos que exige la normativa en materia de forestación de tierras agrarias.
- La zona elegida se encuadra desde el punto de vista bioclimático bajo un régimen ombrotípico seco-semiárido, representativo de una de las zonas de Andalucía donde se están haciendo gran parte de las forestaciones.

En general, se trata de un área de macroclima Mediterráneo, bioclima xérico-oceánico, termotipo mesomediterráneo superior y de ombrotipo seco-semiárido (Rivas-Martínez *et al.*, 2002). La precipitación media anual es 304 mm.

Tal y como viene recogido por el IGME (1979), la zona de estudio está enclavada dentro del ámbito de las Cordilleras Béticas, concretamente formando parte de una gran depresión intramontañosa (Depresión de Guadix-Baza) constituida por materiales de Edad Neógeno-Cuaternario. Estos materiales separan hacia el noroeste la Zona Subbética y hacia el sureste la Zona Bética.

La zona de ensayo dispone de dos áreas diferentes desde el punto de vista topográfico y ecológico (altiplano del Conejo y rambla de Becerra), contrastadas desde un punto de vista bio- y edafoclimático.

El altiplano del Conejo se asienta sobre un antiguo glacis, de baja pendiente y con predominio de calcisoles pétricos (FAO-ISRIC, 1998). En general, se trata de un suelo muy homogéneo en toda la superficie de ensayo, con pH de 7,5, textura franco arcillo-arenosa, contenido en materia orgánica medio-bajo, alta capacidad de retención de agua y baja escorrentía superficial. Las mayores limitaciones son su escasa profundidad, debido a la existencia de una costra caliza que se sitúa entre 35 y 40 cm en profundidad y el alto contenido en CaCO_3 . El cultivo prolongado en la zona de estudio provocó una homogeneización del perfil del suelo, redistribuyendo el CaCO_3 en el mismo y generando pocas diferencias entre el horizonte Ap (0-25 cm) y el horizonte Bw (Ripoll, 2004).

La rambla de Becerra presenta un paisaje acarcavado dominado por regosoles y fluvisoles arénicos. Estos suelos se han formado por depósitos periódicos de materiales sedimentarios (arena, limo y grava). Son suelos con materia orgánica variable, en general muy baja, pendientes que varían entre 8-12%, textura arenoso-limosa, estructura masiva o laminar en superficie, con escasa capacidad de retención de agua y encostramiento superficial que favorece el proceso de escorrentía superficial.

Valle *et al.* (2002) distinguen en la zona dos series de vegetación: la serie mesomediterránea bética basófila de la encina, *Paeonio coriaceae-Querceto rotundifoliae* S., que se extiende por los altiplanos (Calcisoles) y la serie mesomediterránea semiárida de la coscoja, *Rhamno lycioidis-Querceto cocciferae* S. que ocupa las laderas y el fondo de la rambla (Fluvisoles).

El área de estudio del último trabajo con el que concluye esta Tesis es más amplio ya que se trata de un trabajo observacional realizado en forestaciones localizadas en el noreste de la provincia de Granada. Su extensión es de 5.220 km² e incluye las comarcas administrativas de Guadix, Baza y Huéscar. Se seleccionaron porque estas comarcas constituyen una de las zonas de Andalucía Oriental donde más se ha reforestado, se encuentran gran variabilidad de condiciones ambientales y de usos de la tierra y por razones socioeconómicas, ya que estas comarcas son las más

deprimidas de Europa en cuanto a renta per cápita (Zonas objetivo 1, Reglamento (CEE) 2052/88 del Consejo de 24 de junio).

El rango de altitud en este área de estudio es amplio, estando las parcelas muestreadas entre 720 y 1939 m sobre el nivel del mar. La precipitación media anual varía entre 210,2 mm en las forestaciones situadas a menor altitud, y 454,3 mm en las zonas más altas. La temperatura media anual está comprendida entre 10,9 y 15°C, coincidiendo en las zonas de mayor altitud, las temperaturas más bajas con los valores de precipitación mayores.

Según el Instituto Geológico y Minero de España (IGME, 1980) la litología presente en la zona está constituida por rocas carbonatadas incluyendo calizas, dolomías, mármol, costras calizas y conglomerados; rocas silíceas incluyendo micaesquistos, filitas y cuarcitas; limos con arcilla; arenas y margas con yesos.

De acuerdo a Rivas-Martínez *et al.* (2002), la zona está incluida en el macroclima Mediterráneo, termotipos meso-, supra- y oromediterráneo y ombrotipos semiárido, seco y subhúmedo. Los suelos más frecuentes son Leptosoles (Leptosoles líticos y Leptosoles réndzicos), Calcisoles (Calcisoles pétricos y Calcisoles háplicos), Cambisoles (Cambisoles eútricos y Cambisoles calcáricos) y Regosoles (Regosoles lépticos, Regosoles calcáricos y Regosoles eútricos). En menor medida hay también Phaeozems calcáricos, Solonchaks cálcicos y Solonchaks carbonatados (Aguilar *et al.*, 2006).

III.2. Especies utilizadas

Las tres especies elegidas para realizar los experimentos forman parte de la vegetación potencial de los territorios seleccionados en las áreas de estudio.

Pinus halepensis Mill. es una especie colonizadora de gran poder expansivo, facilitado por un crecimiento longitudinal relativamente rápido, un temperamento robusto, abundante fructificación anual y un piñón de pequeño tamaño, de ala grande y elevada potencia germinativa (López, 2001). De distribución circunmediterránea, el pino carrasco es la especie del género *Pinus* más ampliamente repartida por el Mediterráneo. Los pinares más extensos e importantes se presentan en el norte de África, principalmente en Argelia, y en la Península Ibérica, donde se extiende por

todo el litoral mediterráneo y las islas Baleares, penetrando hacia el interior en las Sierras Béticas, Sistema Ibérico, Valle del Ebro y Pirineos Orientales (Blanco *et al.*, 1997).

Su comportamiento ecológico permite calificarlo como heliófilo, termófilo y xerófilo. Está perfectamente adaptado a la sequía y puede soportar precipitaciones anuales cercanas a los 150 mm. Por el contrario, uno de los factores climáticos que limitan el área de distribución de esta especie es la temperatura, concretamente la media de las mínimas del mes más frío, que relegan a esta especie a los termotipos termo y mesomediterráneo. Desde el punto de vista edáfico, el pino carrasco es una especie poco exigente siendo frecuente encontrarla sobre suelos pobres en nutrientes (Blanco *et al.*, 1997; López, 2001). En nuestra área de estudio, el pino carrasco es una especie autóctona que crece en un área óptima dentro de su distribución ecológica.

Quercus ilex L. subsp. *ballota* (Desf.) Samp. (= *Quercus rotundifolia* Lam.) es el árbol más característico de la Península Ibérica, siendo el responsable de la formación de una de las comunidades vegetales más representativa de los bosques ibéricos. Los encinares constituyen uno de los ecosistemas naturales más complejos y maduros sobre la Península. Su estrategia consiste en la combinación de múltiples mecanismos adaptativos a las particulares condiciones climático-edáficas mediterráneas, tal como la esclerofilia de sus hojas, su potente sistema radical y la abundancia de reservas nutricionales en sus frutos (Blanco *et al.*, 1997).

Especie robusta, de crecimiento lento y enormemente vigorosa, puede considerarse como heliófila en su estado adulto, siendo indiferente a las exposiciones. Sin embargo, en sus primeros estadios de vida, atendiendo a las exigencias, no sólo de sombra sino de suelo, resulta más adecuado considerar a esta especie como de media luz. Indiferente en cuanto al sustrato, crece en los termotipos termo-, meso- y supramediterráneo. Asimismo, se extiende por los ombrotipos seco, subhúmedo y húmedo, necesitando para su supervivencia al menos 300-350 mm/año. Puede soportar la intensa xericidad estival que es característica del clima Mediterráneo (Terradas, 1999). En nuestra área de estudio, la encina está limitada por la aridez, situándose en uno de sus límites de distribución ecológica.

Juniperus thurifera L. es un árbol o arbusto dioico que presenta hojas escuamiformes y arcéstidas de color verde-pruinoso en estado juvenil, y negro-morado al madurar, con porte más o menos piramidal (Do Amaral *et al.*, 1987; Blanco *et al.*, 1997). Se distribuye por el Sur y Sureste de Francia, Italia (Alpes), Córcega, España y Norte de África (Do Amaral, 1987). Hay dos subespecies (Gauquelin *et al.*, 2000): *J. thurifera* L. subsp. *africana* (Maire) Gauquelin y *J. thurifera* L. subsp. *thurifera*. De esta última se diferencian 3 variedades: var. *thurifera* en la Península Ibérica, var. *gallica* De Coincy en los Alpes, y var. *corsicana* Gauquelin en Córcega. En la Península Ibérica aparece en áreas muy continentales, frías y secas, entre los 200 (900)-1200 (1800) m de altitud y en sustratos generalmente calizos (Gómez *et al.*, 2000).

Es una especie poco utilizada en investigación forestal, y se sabe poco de su respuesta en campo salvo experiencias puntuales como las de Poblador-Soler (2000). Probablemente, esto es debido a su crecimiento relativamente lento, debiéndose plantar con al menos dos savias para asegurar su supervivencia (viveristas, comunicación personal), con lo cual se encarece su precio en relación a otras especies del género *Pinus* o *Quercus*. También puede ser debido a su gran dificultad para germinar, debido a la impermeabilidad, dureza y letargo interno de su semilla, que se podría solucionar según Melero y García (2001) con una escarificación ácida y estratificación fría (5°C).

El interés de *J. thurifera* para realizar un experimento es porque puede ser utilizada en forestación de tierras agrarias, repoblaciones forestales, restauración ecológica, xerojardinería, etc., por presentar fuertes adaptaciones fisiológicas al frío y al estrés hídrico (Pereira *et al.*, 1998), llevando al éxito la plantación en lugares de condiciones ecológicas extremas (Navarro *et al.*, 2000). Los bosques de sabinas (sabinares) constituyen auténticas reliquias del Terciario, de enorme interés ecológico, paleobiogeográfico y fitosociológico, dignos de protección, conservación e investigación (Costa *et al.*, 1993; Gómez, 1991). Aparte, su madera es muy apreciada para todos los usos (ebanistería, carpintería...) por ser compacta, incorruptible y aromática, por lo que tiene gran valor económico (González, 1947; De la Torre, 1971; Oria de Rueda, 1990).

III.3. Variables medidas y método

Supervivencia

Tras las plantaciones, en general se llevó a cabo un seguimiento de la supervivencia de las plantas, coincidiendo con el final de cada estación del año. Consideramos como vivas aquellas plantas que mostraban alguna hoja verde.

Con los datos obtenidos se calcularon las tasas de supervivencia y/o mortalidad de las especies plantadas, analizándose los resultados mediante análisis de varianza. Al final de los períodos de estudio se hizo un análisis de la supervivencia basado en el método del producto de Kaplan-Meier.

Parámetros morfológicos

Entre los parámetros morfológicos medidos en los trabajos presentados en esta Tesis se encuentra la altura total de las plántulas, el diámetro del tallo a ras de suelo, la superficie foliar (mediante estimación) y el análisis de biomasa fijada en fracciones (aérea y radical).

La altura total desde el suelo hasta el extremo del meristemo apical se midió con un flexómetro. La unidad de medida fue el centímetro (cm). Se midieron los diámetros del tallo a ras de suelo mediante un calibre digital tomando el milímetro como unidad de medida. A partir de estas dos variables se calculó el *índice de esbeltez* (E) como cociente entre ambas (Navarro *et al.*, 1999). Este índice es útil para entender la capacidad de la planta para hacer frente al estrés y para competir con la vegetación existente (Rose y Haase, 1995). Cuanto mayor sea el valor más desequilibrada se encuentra la planta.

A partir de los datos de altura y diámetro, se calcularon los incrementos relativos entre dos muestreos sucesivos.

Asimismo, tanto para la altura como para el diámetro se han obtenido sus respectivos *Índices de Comportamiento* (Domínguez-Lerena, 1999). Esto permitió evaluar el efecto global de los tratamientos aplicados. (Índice de comportamiento= altura (diámetro) x supervivencia en porcentaje de tanto por 1).

La superficie foliar (SF) fue calculada con un estimador no destructivo de área foliar (Casadesús *et al.*, 2000), basado en los mismos principios usados en teledetección. Debido a la selectiva absorción de luz por parte de la clorofila, las hojas verdes reflejan la radiación incidente de manera distinta para cada longitud de onda. Concretamente, la reflectancia en la zona del rojo (centrada alrededor de 680 nm) es menor que la reflectancia en el infrarrojo próximo (NIR: Near InfraRed: aprox. entre 730-1100 nm) debido a la desigual absorción por la clorofila.

El instrumento usado para estimar la superficie foliar es un tubo cerrado con paredes reflectantes e iluminado con una fuente de luz difusa y controlada. El espectro de la luz fue medido en el centro de la parte alta del tubo por un Receptor Remoto de Radiación (Full Sky Irradiance Remote Cosine Receptor (Analytical Spectral Devices, Inc., Boulder, Colorado, USA)).

La reflectancia para cada planta fue calculada aplicando el cociente entre la radiación reflejada en una determinada banda de longitudes de onda, respecto a la radiación incidente en esa misma banda. La radiación reflejada se mide con la planta en el interior del tubo, con una lámina de papel de aluminio cubriendo todo el fondo, mientras que la radiación incidente en el interior del tubo se estima colocando el tubo sobre una lámina de papel de aluminio, sin planta.

El *Índice Diferencial de Vegetación Normalizado* (NDVI, *Normalized Difference Vegetation Index*) se calculó a partir de la reflectancia como $NDVI = (R_{770} - R_{680}) / (R_{770} + R_{680})$, donde R_{770} y R_{680} son las reflectancias a 770 y 680 nm. Asumiendo una relación entre NDVI y el área verde de la planta, previamente calculado en el laboratorio, nosotros podemos estimar la superficie foliar a través de una ecuación (por ejemplo, para el caso de *J. thurifera* $SF = 1 / (0,0118222 - 0,0434483 \times NDVI)$). En los muestreos destructivos de laboratorio, la superficie foliar se calculó con el programa Win Mac Folia 2002a® (Régent Instruments INC., Canadá)

Análisis de biomasa

La metodología seguida en la extracción y procesamiento de las muestras para el análisis de biomasa consistió en extraer las plantas mediante la utilización de una retroexcavadora con cucharón de 50 x 80 cm. Posteriormente se transportaron hasta el laboratorio donde se procedió a

lavar las raíces para eliminar la tierra e impurezas. Se midió la longitud máxima de la raíz principal y luego se separó la parte aérea (PA) diferenciando en biomasa de hojas (BH) y biomasa de tallos (BT), y parte radical (PR) diferenciando raíces gruesas (diámetro > 2 mm) y raíces finas (diámetro < 2 mm). El material vegetal fue secado en una estufa a 70°C durante 48h. Por último, se pesó en una balanza de precisión y se calculó la biomasa total, biomasa radical, biomasa aérea y área foliar específica (AFE=BH/SF). En el análisis de calidad de planta realizado para *J. thurifera*, algunos de estos pesos se utilizaron para calcular el *índice de Dickson* (PA+PR/E+(PA/PR)). Este índice evalúa una combinación de parámetros morfológicos muy correlacionados entre sí (altura, diámetro y peso) que describen el estado sanitario de las plantas y, por tanto predicen el comportamiento en campo de determinadas especies (Thompson, 1985; Royo *et al.*, 1997). Plantas con mayor grosor y desarrollo del sistema radical, tendrán un alto valor del *índice de Dickson*, presentando así mayor capacidad de supervivencia.

Parámetros fisiológicos

Los parámetros fisiológicos medidos en algunos de los trabajos presentados en esta Tesis son el potencial hídrico (Ψ) y el análisis de macro y micronutrientes en las hojas.

Normalmente, el potencial hídrico se mide al final del período de máximo estrés (septiembre), al alba (6.00 a.m.) y al mediodía (13.00 p.m.), en los diferentes tratamientos. Para ello, se empleó la Bomba de Shölander, que usa como unidad de medida bares o libras por pulgada (PSI) y que posteriormente se transformaron a megapascuales (MPa). En todos los casos, el material usado fue un tallo lateral entre 6-8 cm, y 4 o 5 hojas, las cuales fueron transversalmente cortadas con un cuchillo y rápidamente introducidas en la cámara de presión. Con esta medición se realiza una estimación del estrés de la planta y el efecto del tratamiento.

Se realizó un análisis de nutrientes en hojas para evaluar el estado nutricional de las plántulas. Para realizar este análisis de nutrientes se recolectaron hojas y fueron transportadas al laboratorio en bolsas de polietileno. Después de lavarlas con agua destilada se secaron a 60 °C en estufa de aire forzado y se molieron (Richarchs, 1993). Se determinó el nitrógeno siguiendo el método Kjeldahl. Para el resto de elementos se mineralizó 1 gramo de muestra colocada en cápsulas de porcelana a 450°C.

El residuo se disolvió en HCl diluido y los elementos en hoja fueron analizados por espectrometría de absorción atómica (SpectrAA 220 FS Varian). El P fue determinado colorimétricamente (Olsen & Somer, 1982).

Características de los suelos

Las muestras de suelo se secaron al aire y se estimó el contenido en gravas pasando el suelo por un tamiz de 2 mm. El análisis del suelo se realizó con la fracción menor de 2 mm. Las características del suelo que se analizaron fueron: textura, humedad, agua útil, pH, bases de cambio (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+), capacidad de intercambio catiónico (CIC), CaCO_3 , carbono orgánico, conductividad eléctrica, cationes solubles (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+) y aniones (Cl^- , NO_2^- , NO_3^- , SO_4^{2-}). El análisis textural se realizó siguiendo el método de la pipeta de Robinson (Soil Conservation Service, 1972); el agua útil se calculó por diferencia entre el contenido de humedad a capacidad de campo extraído en cámara de presión a 33kPa y el contenido de humedad en el punto de marchitamiento, medida a 1500 kPa (Cassel y Nielsen, 1986); el pH se midió potenciométricamente en una suspensión suelo:agua de 1:2,5; las bases de cambio fueron extraídas con NH_4OAc 1N, y la capacidad de intercambio catiónico fue determinada por saturación en sodio, lavado de las muestras con alcohol y extracción del sodio adsorbido con NH_4OAc 1N (Soil Conservation Service, 1972). Para la determinación del carbono orgánico, nitrógeno total, fósforo y carbonato cálcico, las muestras fueron molidas y separadas de nuevo por un tamiz de 0,125 mm. El carbono orgánico fue determinado usando el método de Walkley y Black (1934), modificado por Tyurin (1951); para la determinación del nitrógeno total se siguió el método de Kjeldahl (Bremner 1965); el P disponible por el método de Olsen (Olsen & Somer, 1982); el contenido en carbonato cálcico (CaCO_3 equivalente) se determinó usando el método manométrico de Williams (1948).

Análisis florísticos

De un total de 241 fincas reforestadas mediante ayudas europeas en las comarcas de Guadix, Baza y Huéscar, se seleccionaron 51 de forma estratificada (~25% del total) atendiendo a la litología, año de forestación y uso previo de la tierra (erial o cultivo de cereal).

En el interior de cada una de las 51 forestaciones seleccionadas se instaló una parcela de muestreo de 20 x 20 m, separada más de 50 m del

exterior para evitar efectos "borde". En el interior de cada parcela se establecieron 5 transectos lineales de 20 m cada uno, separados entre sí 4 m y dispuestos de forma perpendicular a los surcos realizados para la plantación (subsulado lineal en general).

Durante la primavera de 2006 se tomaron datos de plantas vasculares (incluyendo las especies forestadas) cada 100 cm, a lo largo de los transectos, mediante una varilla dispuesta de forma perpendicular a una cinta métrica extendida en el suelo, de una forma similar a la técnica del "point quadrat" (Chalmer y Parker, 1989; Bullock, 1996).

A partir de los datos de flora medidos en campo en cada parcela, se obtuvieron otro tipo de datos e índices florísticos para cada parcela muestreada. Se estimó la abundancia de especies (nº de individuos de cada especie por parcela), abundancia total (nº total de individuos), cobertura por especies (% de cobertura aportada por cada especie) y cobertura total (% de cobertura aportada por todas las especies de la parcela). Este porcentaje en algunos casos superó el 100%, en parcelas de elevada cobertura de vegetación donde las especies se solapan en el espacio.

La identificación de las especies se realizó a partir de *Flora iberica* (Castroviejo *et al.*, 1993-2006), *Flora Europaea* (Tutin *et al.*, 1964-1980) y *Flora de Andalucía Occidental* (Valdés *et al.*, 1987). Posteriormente, estas especies fueron clasificadas dentro de diferentes grupos funcionales de acuerdo a estudios previos realizados en ecosistemas mediterráneos (Bonet, 2004): anuales (incluyendo también bienales), herbáceas perennes, gramíneas vivaces y especies leñosas (incluyendo matas sufruticosas y arbustos).

La diversidad de especies de plantas fue seleccionada como indicador de la biodiversidad (Büchs, 2003), a través de la riqueza de especies (número total de especies por parcela) e índice de diversidad de especies (calculada como el *índice de Shannon-Wiener* (Magurran, 1988)). Se examinaron las diferencias en la diversidad de plantas incluyendo y excluyendo las especies forestadas.

Las medidas de diversidad además de la riqueza de especies tienen en cuenta la proporción en que éstas están representadas, es decir la uniformidad o equitatividad, que indica la medida en que las especies son

abundantes. Así, aunque dos muestras posean igual número de especies e individuos, la mayor uniformidad de una muestra la hace más diversa. Existe una amplia variedad de índices, y la diferencia entre ellos, por lo general, subyace en el peso relativo que dan a la uniformidad y a la riqueza de especies. Uno de los grupos de índices lo constituyen los basados en la abundancia proporcional de especies, y entre ellos el *índice de Shannon-Wiener* es uno de los más generalizados. Este índice asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra (Magurran, 1988). Se calcula a partir de la ecuación:

$$H' = -\sum_{i=1}^{i=S} p_i \ln p_i$$

donde $p_i = n_i/N$, S es el número de especies presentes, p_i la probabilidad de encontrar un individuo de la especie i .

Diseños experimentales

La mayoría de los experimentos realizados en esta Tesis han seguido un diseño completamente al azar, ya que las unidades experimentales son homogéneas, en general. En el trabajo en que se ha evaluado el efecto de la preparación del suelo sobre una forestación de pino carrasco y encina (capítulo 1.1), se realizó un diseño en bloques completamente aleatorizados, para recoger la posible heterogeneidad de las unidades experimentales, y así incrementar la eficacia del diseño (Tejedor, 1999).

El último trabajo presentado en esta Tesis (capítulo 3.1) trata de un estudio observacional en el que se realizó un muestreo estratificado (Clairin y Brion, 2001) atendiendo a litología, edad de la forestación y uso previo del terreno (erial o cultivo de cereal).

Análisis estadísticos

En algunos de los trabajos presentados en esta Tesis se realizaron análisis de la varianza de una vía (ANOVA) con un nivel de confianza del 95%. Para ello se utilizaron los programas estadísticos STATISTIX 8.0® (Analytical Software, Tallase, USA) y SPSS® 10.0 (SPSS Inc., Chicago, USA). Previamente, la normalidad fue chequeada con el test de Shapiro-Wilk y la homocedasticidad con el test de Bartlett o de Levene, dependiendo del programa estadístico utilizado para hacer los análisis. En caso de violarse alguno de estos requisitos, se aplicó el test no paramétrico

de Kruskal-Wallis. Como método de comparaciones múltiples, dependiendo del análisis realizado, se aplicó el test de Tukey o LSD (asumiendo varianzas iguales) y el test de Tamhane (asumiendo varianzas desiguales). Para el cálculo de las incertidumbres asociadas a los datos experimentales se utilizó el test de Monte Carlo.

La supervivencia fue analizada mediante las curvas de supervivencia de Kaplan-Meier, y los análisis estadísticos fueron llevados a cabo mediante el test de Log-rang con el programa estadístico STATGRAPHICS Plus 4.0® (Manugistics, Rockville, USA).

Para cuantificar la relación entre las diferentes variables estudiadas se realizaron análisis de correlación de Pearson (prueba paramétrica) o Spearman (no paramétrica). Se aplicó uno u otro, dependiendo del tamaño de la muestra y de que las variables siguieran una distribución normal o no. Como es sabido, el coeficiente de correlación mide el grado de relación lineal entre dos variables. Para describir otro tipo de relación que pudiera existir entre las variables, se realizaron análisis de regresión simple. Los programas que se utilizaron para estos análisis fueron STATISTIX 8.0® y STATGRAPHICS Plus 4.0®.

Además, en el último trabajo presentado en esta Tesis, se han realizado análisis multivariantes para explorar la estructura subyacente en la composición de especies y las relaciones especie-ambiente usando el programa CANOCO para Windows 4.5® (Microcomputer Power, Ithaca, New York, USA). En primer lugar, se realizó un análisis de correspondencias corregido (DCA) con los datos de abundancia de especies. Posteriormente, para analizar la varianza de los datos explicada por las variables ambientales, se realizó un análisis de correspondencias canónico corregido (DCCA), siguiendo la metodología propuesta por ter Braak y Šmilauer (2002) y Lepš y Šmilauer (2003).

CAPÍTULO 1.
**EFFECTO DE LA PREPARACIÓN DEL
SUELO SOBRE LA PLANTA
FORESTADA**

Resumen

En este capítulo se estudia el efecto que la preparación del suelo ejerce sobre la supervivencia y desarrollo de las plantas. En primer lugar, se evaluó la eficacia de la preparación del suelo en el establecimiento de una forestación con *Quercus rotundifolia* Lam. y *Pinus halepensis* Mill., en ambientes secos y semiáridos en el Sureste de España (Granada). Se aplicaron ocho técnicas de preparación del suelo diferentes. Se hizo el seguimiento de la supervivencia, altura total y diámetro basal de la plantación durante un período de 5 años (1996-2000). El análisis estadístico de esos parámetros mostró diferencias altamente significativas en el comportamiento de las dos especies, asociadas a cambios en las condiciones ambientales reinantes en estos territorios y el tipo de procedimiento de preparación del suelo aplicado. En general, los resultados obtenidos para los tres parámetros analizados mostraron la eficacia del uso de hoyos con retroexcavadora y subsolado lineal con una estructura hidráulica para captar escorrentías, en comparación con otras preparaciones. Por otra parte, el laboreo agrícola, no es recomendados.

Los bajos porcentajes de supervivencia y crecimientos obtenidos para la encina en otros trabajos previos, nos llevó a investigar sobre la siembra de bellotas como alternativa a la plantación de encinas de una savia. Para ello, se testó la influencia del tamaño de las bellotas y la preparación del suelo previa a la siembra, sobre la supervivencia y desarrollo de *Quercus ilex* L. subsp. *ballota* (Desf.) Samp. Se realizó un experimento de vivero bajo condiciones óptimas controladas y un ensayo de campo bajo condiciones de estrés hídrico. La preparación del suelo consistió en realizar hoyos con retroexcavadora. El tamaño y peso de la bellota fueron los factores que más controlaron el desarrollo de esta especie en vivero, mientras que en campo, bajo condiciones de estrés hídrico, sólo el peso de la bellota estaba relacionado negativamente con la relación biomasa aérea/biomasa radical. Cuando se compararon los resultados de los 2 experimentos, la disponibilidad de agua fue un factor fuertemente limitante para el desarrollo de las plantas. En campo, la preparación previa del suelo afectó negativamente a la supervivencia (65%) con respecto al control (95%), al diámetro del cuello de la raíz y a la relación raíz/parte aérea. En conclusión, dada la baja precipitación durante el período estudiado y la baja supervivencia resultante reportada por otros investigadores con la introducción de plántulas, incluso en localidades con mayor precipitación, la siembra directa de bellotas en campo, podría ser reconsiderada como una

técnica viable para restaurar bosques de encina, para la forestación de tierras agrarias o la diversificación de especies forestales a gran escala y a bajo coste.

**1.1. RESPUESTA DE LA ENCINA
(*QUERCUS ROTUNDIFOLIA* LAM.) Y
DEL PINO CARRASCO (*PINUS
HALEPENSIS* MILL.) A DIFERENTES
TÉCNICAS DE PREPARACIÓN DEL
SUELO EN FORESTACIONES DE
TIERRAS AGRARIAS**

Holm oak (*Quercus rotundifolia* Lam.) and Aleppo pine (*Pinus halepensis* Mill.) response to different soil preparation techniques applied to forestation in abandoned farmland

Inmaculada BOCIO*, Francisco Bruno NAVARRO, María Angeles RIPOLL, María Noelia JIMÉNEZ, Estanislao De SIMÓN

Departamento Forestal, Centro de Investigación y Formación Agraria de Granada,
C/ Camino de Purchil s/n, Apartado de Correos 2027, 18080 Granada, Spain

(Received 16 July 2002; accepted 2 January 2003)

Abstract – This paper evaluates the effectiveness of several soil preparation procedures in forestation establishment and development in localized farmland, within a territory in ombroclimatic transition between dry and semi-arid, located in Granada, southeastern Spain. An experiment in the forestation of Holm oak (*Quercus rotundifolia* Lam.) and Aleppo pine (*Pinus halepensis* Mill.) was set up, in which 8 different soil preparation techniques were used. The survival, total height and basal diameter of the plantation was monitored over a 5-year period (1996–2000). The statistical analysis of these parameters evidenced highly significant differences in the overall behaviour of the two sample forest species, related to changes in the prevailing environmental conditions in these territories and the type of soil preparation procedure applied. The overall results obtained for the three parameters analysed show the effectiveness of using backhoes for pit planting and linear ripping with a hydraulic structure to capture runoffs, in comparison to other preparations. Areal soil preparations, in particular, are not recommended.

forestation / semi-arid / soil preparation

Résumé – Réponse du chêne vert (*Quercus rotundifolia* Lam.) et du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) à différentes techniques de préparation du sol pour le reboisement de terrains agricoles abandonnés. Dans ce travail on évalue l'efficacité de différents procédés de préparation du sol pour l'établissement et le développement d'un reboisement de terrains anciennement cultivés et situés dans un domaine ombrothermique intermédiaire entre le sec et le semi-aride, à Grenade, dans le sud-est de l'Espagne. Dans ce but, on a mis en place un reboisement expérimental de chêne vert (*Quercus rotundifolia* Lam.) et de pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) effectué selon 8 procédés différents de préparation du sol, et pour lesquels on a relevé la survie, la hauteur totale et le diamètre basal pendant une période de 5 ans (1996–2000). Les analyses statistiques ont mis en relief des différences significatives du comportement général des deux essences forestières testées et en relation avec les changements des conditions de milieu et des techniques de préparation du sol. Les résultats obtenus pour les trois paramètres analysés montrent l'efficacité des trous effectués à la pelle rétroexcavatrice et des sous-solages en ligne associés à une structure hydraulique qui récolte les écoulements, par rapport à d'autres types de préparation, notamment le travail du sol en plein dont l'utilisation est déconseillée.

reboisement / semi-aride / préparation du sol

1. INTRODUCTION

For decades the attempt to make farming profitable through extensive farming meant that a large amount of forest was brought under cultivation. Low crop productivity determined a large-scale abandonment of these lands that, unprotected by a vegetation covering and subjected to inclement Mediterranean weather, rapidly suffered serious erosion and desertification, highlighting one of the major environmental problems in the Mediterranean Basin today [14]. Faced with this environmental problem, the EU's Common Agricultural Policy adopted a series of environmental measures based on the implementation of programs that offered grants for investing in for-

ests on farms. These programs aimed to promote forestation in order to restore natural vegetation in marginal farmland. They meant that thousands of hectares of farmland were able to recover their original forest nature through forestation.

Mediterranean ecosystems are especially resistant to intense human disturbance [5] and to climatic and socio-economic changes. However, if the degradation passes certain ecological limits, especially in arid and semiarid environments, only human intervention can reverse it, through restoration [1, 9]. In this sense, the abandoned farmland, submitted to intensive exploitation of its natural resources for generations, lost most of the characteristics and attributes of forest land. Moreover soil, as the principal support and sustenance of vegetation, is

* Corresponding author: inboper@hotmail.com

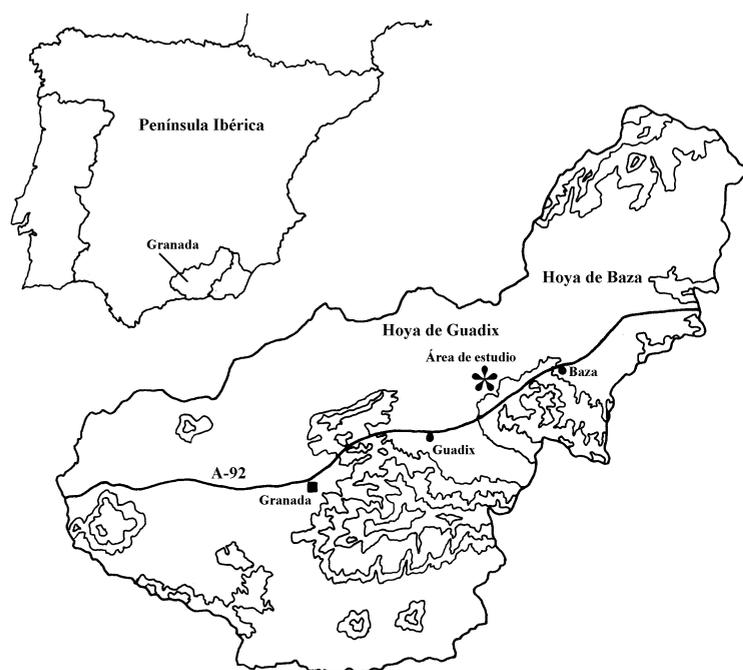


Figure 1. Study area location.

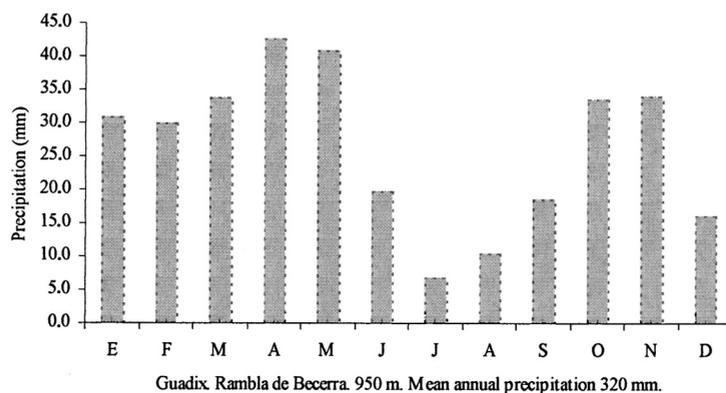


Figure 2. Distribution monthly average precipitation during the year.

also a primary factor in vegetation restoration. The soil of this marginal farmland is characterized by a loss of fertility, surface crusts, high insulations, lack of protection during torrential rain and an impoverished structure [2, 3, 8]. It therefore constitutes an accumulation of adversities that reforested vegetation must overcome. These adverse conditions are more serious in territories located in a dry, semi-arid environment where the lack of precipitation causes an edaphic hydric deficit in which water is the main limiting factor. The soil's biological potential could be established in terms of its hydric balance [13]. Given these conditions, planning a strategy for water use on each piece of land is a necessary first step towards considering the forestation of these territories. In this sense, soil preparation becomes highly relevant. As a reforestation technique, it improves soil receptivity by modifying its short-term properties. This is achieved by increasing the volume of useful soil, infiltration speed and the soil's water retention capacity by loosening the soil and capturing runoffs, which improves moisture around the reforested seedling and helps to get the plantation established.

This paper compares several soil preparation techniques used in farmland forestation according to different response parameters in order to determine how useful each one would be as a management tool in ecology restoration plans.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Study area and anthropic background

The experiment was set up in Rambla de Becerra (Guadix, Granada), an area in ombroclimatic transition between dry and semi-arid, located in Spain (Fig. 1), at an average height of 950 m. and coordinates 37° 26' N and 3° 05' W. The predominant soils are fluvisoles formed by periodical alluviums of sedimentary materials (sand, mud and gravel). The lack of precipitation is worth noting (392 mm in 1996, 478 mm in 1997, 393 mm in 1998, 114 mm in 1999 and 228 mm in 2000) (Fig. 2), although mean annual precipitation is 320 mm. Variations in temperature confirm the marked continental nature of the territory and can cause sporadic snowfalls during the winter months (absolute minimum winter temperature = -10 °C).

Table I. Technical characteristics of the soil preparations.

Treatments	Treatment	Machinery	Preparation surface (m ² /Ha)	Preparation depth (cm)	Action done on soil profile	Hydraulic structures
Punctual: Pit planting and construction of a plantation bench on the stirred soil	AH	– Portable screw auger with a two-cycle engine	Low (< 5%)	60	Mixture of horizons	No
	AM	– 240 HP tractor with two shanks modified with side wings	Low (< 5%)	60	Mixed horizons	No
	AR	– 80 HP backhoe	Low (< 5%)	60	No mixed horizons	No
	ARM	– 80 HP backhoe with system for catching run-offs	Low (< 5%)	60	No mixed horizons	Microbasins
Lineal: Making furrows along the contour line	AV	– Farm tractor with reversible, double furrow moldboard plough	Medium (20–30%)	20	Mixture of horizons	Ridges
	S	– 286 HP bulldozer with two ripper placed 2m apart	Medium (20–30%)	60	No mixed horizons	No
	RA	– 286 HP bulldozer with ripper modified with side furrow moldboard	Medium (20–30%)	60	Mixture of horizons	Ridges
Areal: Ploughing the entire land surface with a tractor	LB	– Farm tractor with a 10-blade multiple furrow moldboard	Very high (100%)	25	Mixture of horizons	No

The area was used for cereal cultivation and grazing for at least 250 years [6]. In 1994, the public Administration bought this land when cultivation was abandoned. In the summer of 1995, the land was prepared for forestation after the first autumn rains.

2.2. Species description

Pinus halepensis Mill. (Aleppo pine). A colonizing arboreal species whose great capacity for expansion is enhanced by rapid longitudinal growth. It is very robust, has abundant annual fructification and a small pine kernel, as well as a large canopy and high germinative power. Of circum-Mediterranean distribution, the Aleppo pine is the *Pinus* genus species most widely found throughout the Mediterranean area. Its ecological behaviour allows it to be described as a heliophyte that is thermophilic and xerophilous. It is well adapted to droughts and can support annual precipitations as low as 150 mm. Temperature is one factor that can limit the distribution of this species. In particular, the average minimum temperatures of the coldest month can relegate this species to the Thermomediterranean and Mesomediterranean thermotypes. From an edaphic point of view, the Aleppo pine is not a demanding species. It can often be found in skeleton soils that are poor in nutrients. In our study area, the Aleppo pine is a native species that grows in an optimal area within its ecological distribution.

Quercus rotundifolia Lam. (Holm oak). The Holm oak is beyond doubt the most genuine of the Iberian Mediterranean forest species. It is the foundation of one of the most complex and mature ecosystems on the Peninsula. Its life strategy consists in a combination of many mechanisms that are adapted to Mediterranean climate-related edaphic conditions, such as the sclerophyllous nature of its leaves, its powerful root system, and the abundance of nutrient reserves in its fruit (acorns). Robust species, slow growth, enormously vigorous and

indifferent to exposure, is generally held to be a light species in its mature state. However, considering the need its seedlings have of shade and soil (fresh and damp), when they develop in a warm climate with little rain or sunny orientations, it would be more appropriate to classify it as a medium light species during the first stages of its life. Indifferent to substrates, it grows in Thermomediterranean, Meso-Mediterranean and Supramediterranean thermotypes and extends to dry, subhumid and humid ombroclimates, although to survive it needs at least 300–350 mm. It can support the intense summer xericity that is characteristic of the Mediterranean climate. In our study area, the Holm oak is at the limit of aridity for its ecological distribution.

2.3. Soil preparation procedures

Eight soil preparation procedures were tested. They can be classified in 3 groups according to occupied surface (punctual, linear and areal). The technical characteristics for each group are outlined in Table I.

2.4. Forestation monitoring

The experiment was set up in an abandoned grain field. It consisted of three randomized blocks of 8 plots each, one for each soil preparation type, with three subrepetitions of each treatment. Each plot measured 1000 square meters and in each one 50 plants (25 Holm oaks and 25 Aleppo pines) were alternately planted.

The reforested vegetation was monitored to evaluate the effectiveness of the soil preparation for forestation establishment and development. The morphological parameters were studied by making a complete quantitative analysis of growth based on the total height and basal diameter of each plant. Likewise, forestation survival was monitored

Table II. Evolution of the mortality rates (mean \pm standard error) for Aleppo pine (*Pinus halepensis*) and Holm oak (*Quercus rotundifolia*) in relation to the tested soil preparations during the 5 year period of forestation monitoring (values are for six months, one year, and 5 year after planting). In one column, the numeric values followed by a letter (a, b) show significant differences ($P < 0.05$).

Treatments	<i>Quercus rotundifolia</i>			<i>Pinus halepensis</i>		
	6 months \pm SE	12 months \pm SE	60 months \pm SE	6 months \pm SE	12 months \pm SE	60 months \pm SE
Auger pit opening	1.3 \pm 0.6	22.1 \pm 7.8 a	63.1 \pm 8.8 b	0	4.0 \pm 1.7 a	9.3 \pm 4.3 a
Mechanized subsoiling	0	18.6 \pm 7.8 a	67.9 \pm 8.8 b	0	0	6.6 \pm 4.3 a
Backhoe subsoiling	0	12.1 \pm 7.8 a	34.4 \pm 8.8 a	4 \pm 0.5	4.0 \pm 1.7 a	4.0 \pm 4.3 a
Backhoe subsoiling with microbasins	0	14.8 \pm 7.8 a	36.3 \pm 8.8a	0	0	8.0 \pm 4.3 a
Ridges	0	17.7 \pm 7.8 a	58.0 \pm 8.8ab	0	5.3 \pm 1.7 a	5.2 \pm 4.3 a
Linear ripping with ridges	0	14.1 \pm 7.8 a	35.3 \pm 8.8 a	0	5.8 \pm 1.7 a	8.3 \pm 4.3 a
Linear ripping	0	23.4 \pm 7.8 a	52.9 \pm 8.8ab	0	1.3 \pm 1.7 a	4.1 \pm 4.3 a
Ploughing	0	49.6 \pm 7.8 b	65.7 \pm 8.8 b	1.0 \pm 0.5	14.4 \pm 1.7 b	40.3 \pm 4.3 b
ANOVA test	$F = 0.85$ $p = 0.59$	$F = 2.03$ $p = 0.08$	$F = 1.74$ $p = 0.14$	$F = 5.32$ $p = 0.00$	$F = 5.18$ $p = 0.00$	$F = 5.83$ $p = 0.00$

by dead plant count, an essential parameter for assessing soil preparation effectiveness during the initial phase of each specie's establishment and adaptation to the environment. After planting in the autumn of 1995, these parameters were systematically measured during annual sampling campaigns at the end of winter and summer. During the first year, it was considered necessary to monitor the survival of 4 samples at the end of each season to determine initial mortality due to post-planting stress. Unfavourable weather conditions (periods of draught) can induce physiological stress once the plant passes the critical initial stage.

2.5. Statistical analysis

The data obtained for each parameter was submitted to a parametric statistical analysis based on the analysis of the variance (ANOVA) of two factors: treatments and time. Tuckey's test for multiple comparisons based on Student's t distribution was used to determine any significant differences in each case (post hoc tests).

Behaviour indexes were obtained for the height and diameter of Holm oaks and Aleppo pines in relation to the growth and survival parameters. This allowed us to evaluate the global effect of the treatments applied (Behaviour index = height (diameter) \times survival in percentages at so much per one). Finally, the correlation between the behaviour indexes of both species was studied to determine the relation between them. The Statgraphics 4.0 statistical software programme was used.

3. RESULTS

3.1. Survival

End survival after 5 years showed considerable differences between the two study species (Tab. II). Aleppo pine survival was over 90% in most of the soil preparations and Holm oak

survival was 40–60%. The lowest Aleppo pines survival occurred in the areal soil preparation using agricultural techniques. It was also the only one that presented significant differences when compared to the other treatments. These results may have been caused by water loss due to high evaporation rates in the soil, given the direct insolation over the entire area. The tested soil preparations had much less of an impact on the survival of the Aleppo pine survival than on the Holm oaks. For the latter, soil preparations using backhoes for pit planting, with or without microbasins, and linear ripping allowed the plant to be more rapidly and effectively placed, ensuring its long-term survival.

However, it would be more appropriate to interpret the impact of the different soil preparations by studying the evolution of survival over time (Tab. III). In this sense, when a plantation is being set up, there are many studies [10, 11] that show the undeniable role survival plays during the first year after transplantation. In general, the highest mortality rates for the two species were recorded during this stage. The first peak in the mortality rate occurred during the first summer of the plantation (Fig. 3), which seems to indicate that summer droughts were the principal agents of seedling death. In both species, one year after planting, the only soil preparation that presented statistically significant differences in relation to the test treatments was the areal preparation. After the first year, survival during the sample period showed several tendencies (Fig. 4) that evidenced each species' ability to withstand periods of unfavorable ecological conditions. In particular, from 1998 onwards, a severe period of drought caused a high mortality rate in the Holm oak, which worsened during 1999 when annual precipitation dropped to 114 mm. To the contrary, this

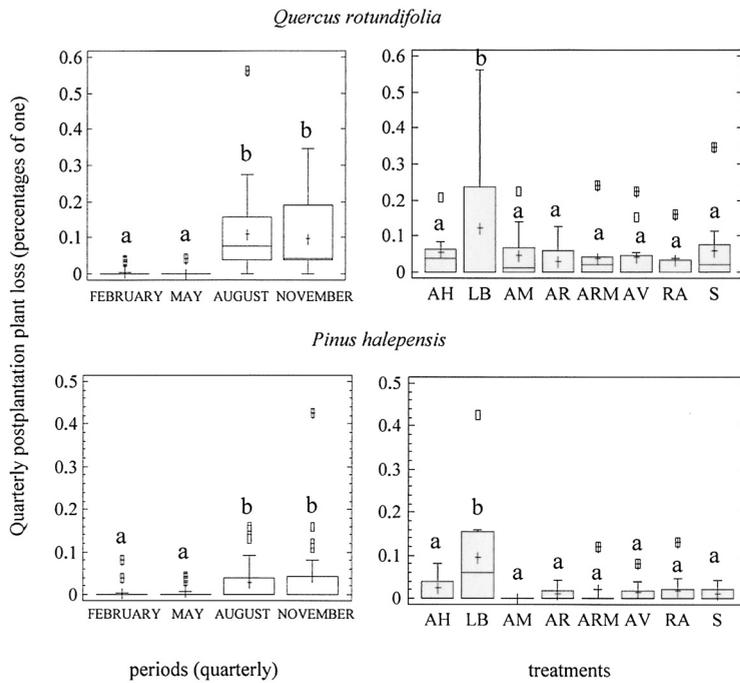


Figure 3. Significant statistical differences between quarterly dead seedling rate recorded during the first year of plantation for Aleppo pine (*Pinus halepensis*) and Holm oak (*Quercus rotundifolia*) in relation to time (three-month periods) and type of treatment. Tukey's HSD test for multiple comparisons was used in post hoc analysis tests carried out a posteriori. Letters indicate significant differences at a confidence level of 95%.

Table III. Analysis of the variance (ANOVA of two factors: treatments and time) for the mortality rates of Aleppo pine (*Pinus halepensis*) and Holm oak (*Quercus rotundifolia*) registered during the first year after planting (in three month periods) and for the annual rates recorded during the entire monitoring period (time in years). (* $0.05 > P > 0.01$; ** $0.01 > P > 0.001$; *** $P < 0.001$.)

	Sum of squares	Df	Mean square	F-ratio	P-value
<i>Quercus rotundifolia</i>					
Firts year plant loss					
Periods (quarterly)	0.2543	3	0.0847	15.89	0.0000***
Treatments	0.0755	7	0.0107	2.02	0.0656
Periods x treatments	0.1513	21	0.0072	1.35	0.1785
Annual plant loss					
Periods (year)	0.601	4	0.15	22.17	0.0000***
Treatments	0.0673	7	0.0096	1.42	0.2090
Periods x treatments	0.431	28	0.0154	2.28	0.0023**
<i>Pinus halepensis</i>					
Firts year plant loss					
Periods (quarterly)	0.0338	3	0.0112	8.50	0.001***
Treatments	0.0737	7	0.0105	7.94	0.000***
Periods x treatments	0.1177	21	0.0056	4.22	0.000***
Annual plant loss					
Periods (year)	0.088	4	0.022	18.54	0.000***
Treatments	0.0614	7	0.0087	7.40	0.000***
Periods x treatments	0.1318	28	0.047	3.97	0.000***

long dry period had no impact on the Aleppo pine and after 1997 no further plant deaths were recorded for this species.

3.2. Species growth

The analysis of the variance for each variable according to the type of soil preparation applied (Tab. IV) showed highly

significant differences ($p < 0.000$) for the mean height of the Aleppo pines, while there were almost no differences in the Holm oak for the same variable ($p = 0.07$). For the basal diameter, several differences were obtained for the Aleppo pine and the Holm oak ($p = 0.001$; $p = 0.004$, respectively).

As for the mean annual increase in height, the p -values obtained ($p < 0.000$) with the analysis of the variance (Tab. V)

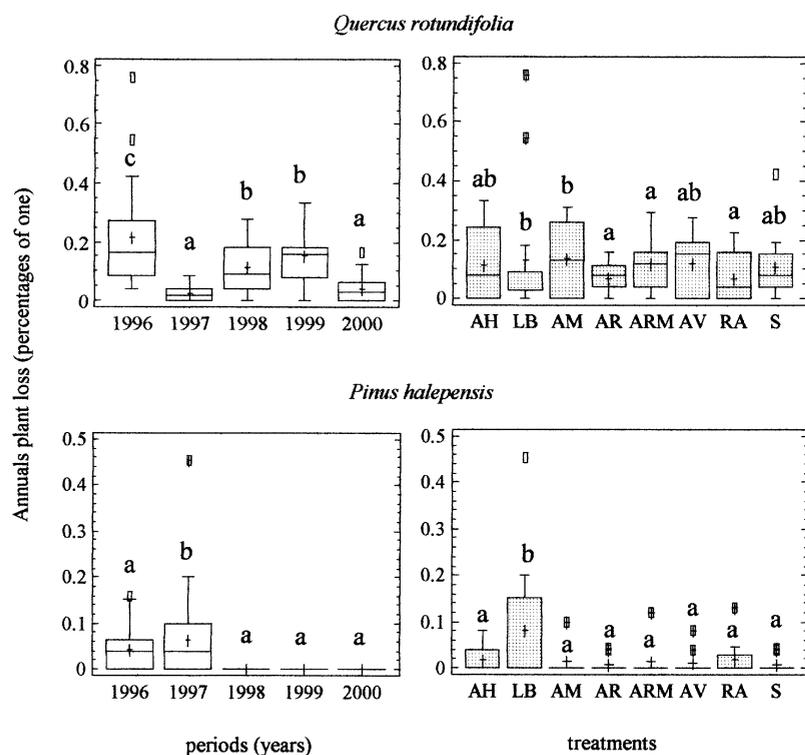


Figure 4. Significant statistical differences between the percentage of annual dead seedlings recorded during the study period (1996–2000) for Aleppo pine (*Pinus halepensis*) and Holm oak (*Quercus rotundifolia*) in relation to time (in years) and type of treatment. Tuckey's HSD test for multiple comparisons was used in analysis tests carried out a posteriori (post hoc). Letters indicate significant differences at a confidence level of 95%.

Table IV. Mean values for height (cm) and diameter (mm) of Aleppo pine (*Pinus halepensis*) and Holm oak (*Quercus rotundifolia*), 5 years after planting, in relation to each soil preparation. In one column, the numerical values followed by a letter (a, b, c, d, e) show significant differences ($P < 0.05$).

Treatments	<i>Quercus rotundifolia</i>		<i>Pinus halepensis</i>	
	Mean height ± SE (cm)	Mean diameter ± SE (mm)	Mean height ± SE (cm)	Mean diameter ± SE (mm)
Auger pit opening	25.0 ± 3.7	6.3 ± 0.1 a	140.8 ± 6.2 a	47.5 ± 2.4 ab
Mechanized subsoiling	35.1 ± 3.5	8.9 ± 0.9 ab	142.3 ± 5.8 a	40.6 ± 2.1 a
Backhoe subsoiling	41.1 ± 3.3	11.6 ± 0.9 b	184.9 ± 7.8 bc	63.9 ± 3.0 cde
Backhoe subsoiling with microbasins	36.8 ± 4.8	9.1 ± 1.4 ab	199.1 ± 6.6 c	68.09 ± 2.5 de
Ridges	39.8 ± 5.3	9.9 ± 1.5 ab	177.9 ± 7.8 bc	58.2 ± 3.0 bcd
Linear ripping with ridges	30.6 ± 3.3	8.2 ± 0.9 ab	211.1 ± 6.7 c	72.9 ± 2.5 e
Linear ripping	24.9 ± 4.4	8.2 ± 1.2 ab	157.1 ± 6.0 ab	49.3 ± 2.3 ab
Ploughing	30.7 ± 5.3	7.6 ± 1.5 ab	165.3 ± 6.6 ab	56.4 ± 2.5 bc
test	$p = 0.07$	$p = 0.004$	$p = 0.000$	$p = 0.01$

lead to the conclusion that significant differences exist in mean height increase over time for both species.

For the mean increase in basal diameter, the response of both species was very similar. Time and the types of treatment both showed significant differences, although this variable was less noticeable in the Holm oak in relation to the type of treatment ($p = 0.02$).

Figure 5 shows a diagram of the confidence intervals for the means belonging to the results obtained from Tuckey's test for multiple comparisons. They show a very similar tendency in

the average annual height of both species, while the response of the basal diameter is completely different.

4. DISCUSSION

In Mediterranean territories located in ombroclimatic transition between dry and semi-arid, species with ecological requirements as diverse as those of the Aleppo pine and the Holm oak can coexist, although the oak is less resilient and its reforestation will be more difficult. The Aleppo pine will be

Table V. Analysis of the variance (ANOVA of two factors: treatments and time) for the annual increase in height and diameter in Aleppo pine (*Pinus halepensis*) and Holm oak (*Quercus rotundifolia*) recorded during the entire monitoring period (time in years). (* $0.05 > P > 0.01$; ** $0.01 > P > 0.001$; *** $P < 0.001$.)

	Sum of squares	Df	Mean square	F-ratio	P-value
<i>Quercus rotundifolia</i>					
Increase in height					
Periods (years)	175.391	3	212.389	12.22	0.0000***
Treatments	637.167	7	25.0559	1.44	0.2044
Periods × treatments	370.715	21	17.6531	1.02	0.4585
Increase in diameter					
Periods (years)	18.632	3	6.2109	7.16	0.0003***
Treatments	15.267	7	2.1810	2.51	0.0239*
Periods × treatments	17.792	21	0.84.72	0.98	0.5019
<i>Pinus halepensis</i>					
Increase in height					
Periods (years)	12455.9	3	4151.98	100.57	0.0000***
Treatments	1830.08	7	261.44	6.33	0.0000***
Periods × treatments	1151.87	21	54.851	1.33	0.1916
Increase in diameter					
Periods (years)	2614.23	3	871.409	169.34	0.0000***
Treatments	302.991	7	43.284	8.41	0.0000***
Periods × treatments	228.031	21	10.858	2.11	0.0118*

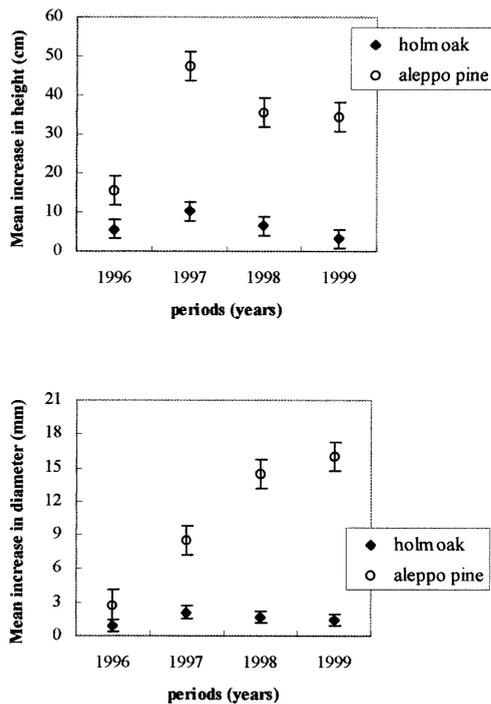


Figure 5. Evolution of the annual mean increase in height and diameter (mean \pm confidence interval) registered during the study period (1996–2000) for Aleppo pine (*Pinus halepensis*) and Holm oak (*Quercus rotundifolia*) and statistically significant changes in mean increases in height and diameter of Aleppo pine (*Pinus halepensis*) in relation to the treatments tested at a level of significance of 95%.

developing in an optimal ecological environment while the Holm oak will be in an extreme situation due to its arid ecological distribution, even though it will only be found in the more microtopographically humid areas (e.g. northern watersheds, in foothills or depressions). Under these conditions, although the oak is very flexible, the slightest change in environmental conditions can become adverse [7]. The tree is especially sensitive to unusual ecological conditions during the adaptive stage that follows reforestation. A period of extreme dryness, such as the drought recorded during the last three years of this experiment, was enough to cause massive mortality among the Holm oaks belonging to the forestation experiment in Rambla de Becerra. Their growth was reduced and even annulled during that period.

In dry and semi-arid Mediterranean territories, lack of water is the most limiting factor for reconstructing ecosystems [16]. Therefore, it is essential for seedlings to develop a root system as quickly as possible to escape from soil desiccation [4, 12, 15], especially during the first summer after planting. Plantation success also depends on this.

This factor's impact can be partly mitigated by applying soil preparation techniques that improve the land's soil conditions and water availability, and accelerate root growth. This is demonstrated by the outcomes analysis and the correlation of the behaviour indexes for the height and diameter of the Holm oak and Aleppo pine. It was seen that there are two clearly differentiated groups of soil preparations depending on their impact on Holm oak and Aleppo pine establishment and development (Fig. 6). In this sense, the most effective preparations are those that offer the seedlings the highest volume of useful soil for their root system and the highest water storage capacity. An

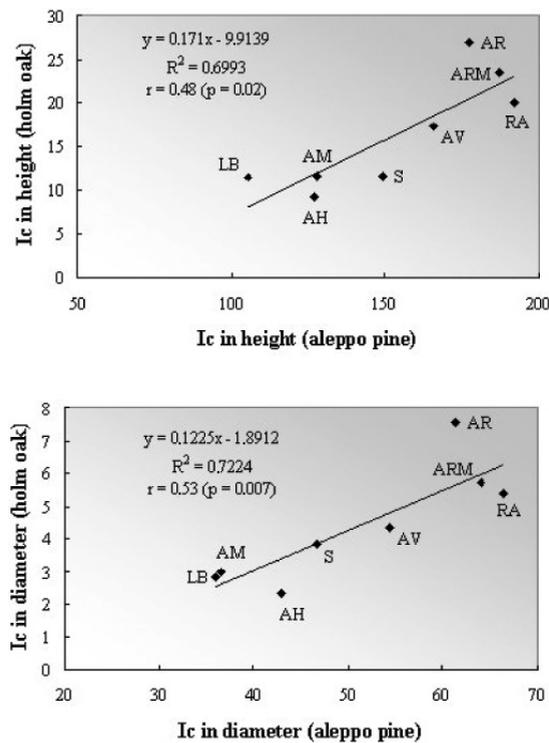


Figure 6. The relation between the behaviour indexes of the two variables studied for Holm oak (*Quercus rotundifolia*) and Aleppo pine (*Pinus halepensis*) (r = correlation coefficient; R^2 = regression coefficient).

example of these effective soil preparations would be those that use backhoes for pit planting and linear ripping. In any case, it is worth mentioning the enormous impact of the hydraulic structures associated with these ripping preparations.

Finally, areal soil preparation is not recommended, especially in Holm oak forestations. It causes extremely high plant loss and makes the plantation fail, a risk that managers cannot assume.

Acknowledgements: This experiment was developed with the Research Project: *Evaluación de Técnicas de Repoblación en la Forestación de Tierras Agrarias* (Assessment of Reforestation Techniques in Farmland Forestation) of the Programa Sectorial de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario en Apoyo a la Forestación (Sectorial Program for Research and Agriculture and Food Development in Support of Forestation) financed by the Instituto Nacional de

Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (Spanish Institute for Research and Agriculture and Food Technology). The Project was developed at the Forestry Department of the Centro de Investigación y Formación Agraria of Granada (Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía).

REFERENCES

- [1] Aronson J., Floret C., Le Floch E., Ovalle C., Pontanier R., restoration and rehabilitation of degraded ecosystems in arid and semi-arid lands. I. View from the South, *Restor. Ecol.* 1 (1993) 8–17.
- [2] Barea J.M., Jeffries P., Arbuscular mycorrhizas in sustainable soil plant systems, in: Hook B., Varma A. (Eds.), *Mycorrhiza Structure Function, Molecular Biology and Biotechnology*, Springer, Heidelberg, 1995, pp. 521–559.
- [3] Betlenfalvay G.J., Linderman R.G., *Mycorrhizae in sustainable agriculture*, ASA Special Publ., Madison, WI, 1992.
- [4] Carlson W.C., Mille, D.E., Target seedling root system size, hydraulic conductivity and water use during seedling establishment, USDA Forest Service, Rocky Mountain Forest Exp. Station, Gen. Tech. Rep. RM-200 (1990) 53–65.
- [5] Fox B.J., Fox M.D., Resilience of animal and plant communities to human disturbance, in: Dell B., Hokins A.J.M., Lamont B.B. (Eds.), *Resilience in Mediterranean-type ecosystems*, Dr. W. Junk Publishers, 1986, pp. 39–64.
- [6] Gámez J., El espacio geográfico de Guadix: aprovechamiento agrario, propiedad y explotación, Universidad de Granada y Fundación Caja de Granada, Granada, 1995.
- [7] Gómez Sanz V., Elena Roselló R., Investigación de las marras causadas por factores ecológicos de naturaleza meteorológica, *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales* 4 (1996) 13–25.
- [8] Guàrdia R., Cardona M., Ninot J.M., Soil seed bank and ersive processes in the badlands of the upper Llobregat basin, First European Conference on Erosion Control, IECA, Sitges, 1996.
- [9] Hobbs R.J., Norton D.A., Towards a conceptual framework for restoration ecology, *Restor. Ecol.* 4 (1996) 93–110.
- [10] Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, *Forestación en tierras agrícolas*, Hojas Divulgadoras 4/93 HD, Madrid, 1993.
- [11] Margolis H.A., Brand D.G., An ecophysiological basis for understanding plantation establishment, *Can. J. For. Res.* 20 (1990) 375–390.
- [12] Mitchell B.A., Correll R.L., The soil water regime in a young radiata pine plantation in southwestern Australia, *New For.* 4 (1987) 273–289.
- [13] Noy-Meir I., Desert ecosystems: environment and producers, *Ann. Rev. Ecol. Sist.* 4 (1973) 25–51.
- [14] Puigdefábregas J., Desertification: stress beyond resilience, exploring a unifying process structure, *Ambio* 24 (1995) 311–313.
- [15] Shainsky L.J., Newton M., Radosevich S.R., Effects of intraspecific and inter-specific competition on root and shoot biomass of young Douglas fir and red alder, *Can. J. For. Res.* 22 (1992) 101–110.
- [16] Vallejo V.R., Bautista S., Cortina J., Restoration for soil protection after disturbances, in: Trabaud L. (Ed.), *Life and environment in the Mediterranean*, Witpress, France, 1999, pp. 301–343.

**1.2. SIEMBRA DIRECTA DE
BELLOTAS DE ENCINA: EFECTOS
DEL TAMAÑO DE LA BELLOTA Y DE
LA PREPARACIÓN DEL SUELO**

Direct sowing of holm oak acorns: effects of acorn size and soil treatment

Francisco Bruno NAVARRO^{a*}, María Noelia JIMÉNEZ^a, María Ángeles RIPOLL,
Emilia FERNÁNDEZ-ONDOÑO^b, Eduardo GALLEGÓ^a, Estanislao DE SIMÓN^a

^a Grupo de Sistemas Forestales, Área de Recursos Naturales, Centro de Investigación y Formación Agraria, Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica (C.I.C.E., Junta de Andalucía), Camino de Purchil s/no, Aptdo. 2027, 18080 Granada, Spain

^b Departamento de Edafología y Química Agrícola, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada, C/Severo Ochoa s/no. 18071 Granada, Spain

(Received 14 February 2006; accepted 27 June 2006)

Abstract – A nursery experiment under optimal controlled conditions and a parallel field trial under conditions of severe water stress were conducted to test the influence that acorn size and soil preparation (only in field) exert on the survival and development of this species. The soil preparation consisted of preparing seed beds with a backhoe. The size and weight of the acorn were the factors that most controlled the development of this species in the nursery, while in the field, under conditions of water stress, only acorn weight was related negatively to the root:shoot ratio. Water availability was also found to be a strongly limiting factor for plant development, when the results of the two experiments were compared. In the field, the prior soil preparation negatively affected survival (65%) with respect to control (95%), RCD and R/S ratio. In conclusion, given the low precipitation during the study period and the low survival results reported by other researchers with the introduction of seedlings, even in higher-rainfall localities, sowing acorns directly in the field should be reconsidered as a viable technique for restoring holm oak forests, for forestation on agricultural lands, or the diversification of forest species on a large scale at low costs.

Quercus ilex subsp. *ballota* / acorn / soil treatment / abandoned agricultural land

Résumé – Semis directs des glands de chênes : effet de la grosseur des glands et du traitement du sol. Un essai en pépinière en conditions contrôlées optimales et un autre essai en plein champ en conditions de stress hydrique sévère pour le chêne ont été menés pour tester l'influence que la grosseur des glands et la préparation du sol (seulement au champ) exercent sur la survie et le développement de cette espèce. La préparation du sol a consisté en un poquet réalisé avec un retroexcavateur. La grosseur et le poids du gland ont été les facteurs qui ont provoqué le développement plus important de cette espèce en pépinière. Néanmoins, en plein champ, dans des conditions de stress hydrique seul le poids du gland a permis d'établir une corrélation négative avec le rapport racine/pousse. La disponibilité en eau a été un facteur extrêmement limitant pour le développement des plants, si on compare les résultats des deux expérimentations. Au champ, la préparation du terrain a influencé d'une manière négative la survie (65 %) par rapport au témoin (90 %), au diamètre des plants et au rapport racine/pousse. En conclusion, compte tenue des faibles pluies tombées pendant la période d'étude et des résultats de faible survie obtenus par d'autres auteurs avec l'introduction de semis, même dans des régions de pluviométrie plus abondante, le semis direct de glands au champ doit être repensé en tant que technique viable pour la restauration des forêts de chêne, le reboisement des terres agricoles et la diversification à grande échelle des espèces forestières et à moindre coût.

Quercus ilex subsp. *ballota* / gland / traitement du sol / terre agricole abandonnée

1. INTRODUCTION

The holm oak (*Quercus ilex* L. subsp. *ballota* (Desf.) Samp.) is one of the most representative species in the forest communities of the Mediterranean basin [35], especially on the Iberian Peninsula, where it forms part of the vegetation (existing as well as potential) in extensive areas [18, 39]. The use of this evergreen sclerophilous tree in reforestation programs on abandoned agricultural lands promoted by the Common Agricultural Policy (CAP) has strongly increased in the last 12 years, in contrast to the *Pinus* species, which were widely used in the past [47]. Only in Andalusia (Spain), more

than 75 000 ha were reforested from 1993 to 1999, implying the introduction of millions of new seedlings.

Nevertheless, forestation with the holm oak presents survival difficulties and low growth rates in comparison to other Mediterranean tree or shrub species [1, 2], and more so the stronger the stress factors during the first developmental stage in the field. It is widely known that the first Mediterranean summer after planting is the most critical period for the survival of this species due to high temperatures, excessive solar radiation, and low water availability [21, 33, 45]. These difficulties accentuate within the limits of the distribution of this species, whether for climatic dryness (semiarid habitats Pp < 350 mm) or for the lack of soil, poor water-retention capacity of the soil, or unfavourable exposures.

* Corresponding author: francisco.bruno.ext@juntadeandalucia.es

Some authors propose that the poor performance of forestation stands of *Q. ilex* subsp. *ballota* could be attributed to the low quality of seedlings used, as the cultivation regime in the nursery can strongly determine functional characteristics and response of the seedling in the field [47]. However, the high mortality rates of reforested seedlings in localities where there is even a vigorous natural regeneration suggest that not only the type of holm oak seedling commonly used in forestation but also the technique of introducing this species into the field should be reviewed.

Therefore, a large portion of recent forest research in the Mediterranean basin has focussed on finding alternative methods of planting species of the genus *Quercus*, especially the holm oak (*Q. ilex* subsp. *ballota*) and the cork oak (*Q. suber*). These studies have centred fundamentally on enhancing the quality of nursery seedlings [11, 47], improving planting techniques [2, 37, 44], and finding effective post-planting treatments [17, 26, 34, 41, 42].

On the other hand, little attention has been given to forestation by sowing acorns directly in the field. In Mediterranean environments, one of the variables that can increase the probability of survival is the access to soil water during summer, which can be achieved with a stronger root system and/or a deeper one [46]. Therefore, the growth rate of the root during the first months of life (winter-spring) can be crucial to the survival of the seedling over the dry season [20]. A deep tap root is one of the main strategies of the holm oak seedling for survival during the early establishment phase, making direct sowing of the acorn an attractive alternative to planting seedlings, with the added advantage of being a low-cost method. In this sense, some authors warn of the possible negative effects caused by the deformation of the roots of container-grown holm oak [15].

Some direct-sowing trials of acorns have shown very uneven survival results with respect to the planting of seedlings [5, 27, 31, 37], perhaps due to the origin and sizes of the acorns used, the ways of collecting and storing the acorns, pre-germination treatments, conditions of the sowing, climatology of the year of planting, the interference of seed predators, etc. Few works clarify these issues in sowing experiments. Along these lines, Castro et al. [7] note that the effect of seed size upon seedling performance can be easily confused with the effect exerted by the genetic determination of the maternal plant when the experiments are performed with mixed groups of genotypes. Therefore, new experiments controlling all these variables need to be performed.

The present work examines in detail some factors that can affect the rooting of holm oak seedlings after direct sowing of the acorns, such as acorn size and pre-sowing soil preparation.

2. MATERIALS AND METHODS

In autumn 2002 (early November), acorns of different sizes but from the same tree were collected in the north of the province of Granada (Guadix plateau, S Spain). Healthy acorns without apparent defects were numbered, measured for length and diameter (mm), and weighed (g). Then they were stratified in wet sand at 4 °C to

Table I. Biometric characteristics of the acorns used in the field experiment ($n = 40$).

	Mean	SE	Min.	Max.
Diameter (mm)	17.66	0.16	15.29	20.36
Length (mm)	42.25	0.27	37.62	45.75
Weight (g)	8.02	0.16	5.41	9.93

stimulate germination. A total of 20 acorns were used in the nursery experiment, and 40 in the field experiment.

2.1. Nursery experiment

The 20 acorns selected were classified into two significantly distinct groups according to size (Small acorns: diameter (mm) = $16.33 \pm 0.31a$, length (mm) = $38.80 \pm 1.03a$, weight (g) = $6.24 \pm 0.37a$; Large acorns: diameter = $22.20 \pm 0.33b$, length = $43.57 \pm 1.10b$, weight = $12.58 \pm 0.39b$; different letters indicate different significances at 95% confidence level [one-way ANOVA, Tukey test]) and sown (pre-germinated) at 5 cm deep on 18 December 2002 in PVC cylinders (180 cm tall, 25 cm in diameter) filled with nursery substrate consisting of 2/3 peat and 1/3 perlite. These tubes were situated in the open air at the Centre for Agricultural Research and Training of Granada (S Spain), where, apart from rainfall, the tubes received periodic watering to provide the seedling constant available moisture, which was controlled by a Watermark[®] tensiometer situated at 90 cm in depth (middle of the tube).

The seedlings were measured for height (cm), diameter at the root collar (RCD, mm), and the number of leaves in July and October 2003 as well as in February and November of 2004.

This type of container was used to analyse the root system of the plants at the end of the study period [(tap-root length, biomass of secondary roots (> 2 mm diameter, GB), biomass of the hair roots (< 2 mm diameter, FB), and biomass of the total root system (RB)]. Also, the biomass of the stems (SB), leaves (LB), and total-shoot biomass (AB) was measured, as well as the root:shoot ratio (R:S), and total weight (TB = AB + RB). This destructive analysis was performed in November 2004, two years after the controlled cultivation in the nursery.

2.2. Field experiment

Of the 40 acorns selected for the field trial (Tab. I), half were taken at random and sown at 5 cm in depth without prior soil preparation. The other half were sown at the same depth but in beds prepared by a backhoe with a small blade ($70 \times 35 \times 50$ cm), in a complete, randomized block. The acorns were sown in the open on 19 December 2002, on 5×5 m centres, one day after the nursery sowing. The acorns were also sown pre-germinated and each was protected from seed predators with a cylinder of wire mesh.

With respect to sowing with vs. without prior soil preparation, no significant differences (one-way ANOVA) were found in the initial characteristics of the acorns (length: $F_{(1,39)} = 1.29$, $P = 0.9261$; diameter: $F_{(1,39)} = 1.10$, $P = 0.3046$; weight: $F_{(1,39)} = 0.44$, $P = 0.5109$).

This experiment was made in the Altiplano del Conejo of Guadix in the province of Granada (S Spain) at 1 000 m a.s.l. The mean annual precipitation is 304 mm, with marked irregularity (Pp (mm): October 2002–2003 = 302.1, October 2003–2004 = 363.4, October 2004–2005 = 167.7) and extreme temperatures, summer reaching 43.4 °C (August 2003) and winter –17 °C (January 2003). The bioclimatic level of this zone is semiarid mesomediterranean [36]. The soil is a petric calcisol [12] with a pH of 7.2 to 8.5, of loamy-sandy clay. The land, homogeneous abandoned agricultural land with scattered holm oaks, was traditionally dedicated to cereal until the activity stopped in 1993 when the government bought the lands.

These seedlings were monitored for survival, height, and RCD in October 2003, February and July of 2004, and July of 2005. In July 2005, 16 saplings were uprooted, eight per treatment (control, soil treatment) to be measured for length of the tap root, LB, SB, FB, GB, AB, RB, R:S and TB. Also, soil samples were taken at 0–20, 20–30 and 30–40 cm in depth, both in unprepared soil as well as in the beds prepared by the backhoe. Analyses were made of the gravel content as well as CaCO₃, N, P, K, Na, Mg, Cu, Mn, Fe and Zn concentrations. The following were also determined: total N, by Kjeldahl method; exchangeable cations (Ca, Mg, K, Cu, Mn, Fe and Zn) by extraction with 1N ammonium acetate (pH 7.0) [8]; available P, by the classical Olsen method [28], and the CaCO₃ equivalent, by a manometric method [48].

2.3. Data analyses

The data on height, RCD, and number of leaves in the nursery experiment were analysed separately for each sampling period, by a one-way ANOVA (acorn size factor). Similarly, the height and RCD data from the field were analysed for the factor “soil treatment”.

The length of the tap root, LB, SB, FB, GB, AB, RB, R:S and TB, measured only at the end of the study period, both in the nursery as well as in the field experiment, were analysed also by a one-way ANOVA. The Tukey HSD test of all-pairwise comparisons was run in all cases. Normality was checked by the Shapiro-Wilk test, and homogeneity by the Bartlett test. In the case of violation of variance equality, the nonparametric test of Kruskal-Wallis was used. The Pearson correlation was used to analyse the relationship between the initial characteristics of the acorns and the characteristics of the resulting plants. Field survival of seedlings was analysed by the Kaplan and Meier logrank test.

All statistical analyses were performed using the STATISTIX 8 (Analytical Software, Tallahassee, USA), except for survival, which was analysed with STATGRAPHICS Plus 4.0 (Manugistics, Rockville, USA).

3. RESULTS

3.1. Nursery experiment

In the nursery, acorn size significantly influenced the variables measured. The larger acorns produced taller plants with a greater number of leaves, and greater RCD from the first sampling to the end of the study period (Fig. 1). Similarly, after the final destructive analysis, the larger acorn lot gave rise to higher values for AB ($F_{(1,19)} = 36.9, P = 0.0000$), RB ($F_{(1,19)} = 24.0, P = 0.0002$), GB ($F_{(1,19)} = 24.7, P = 0.0002$),

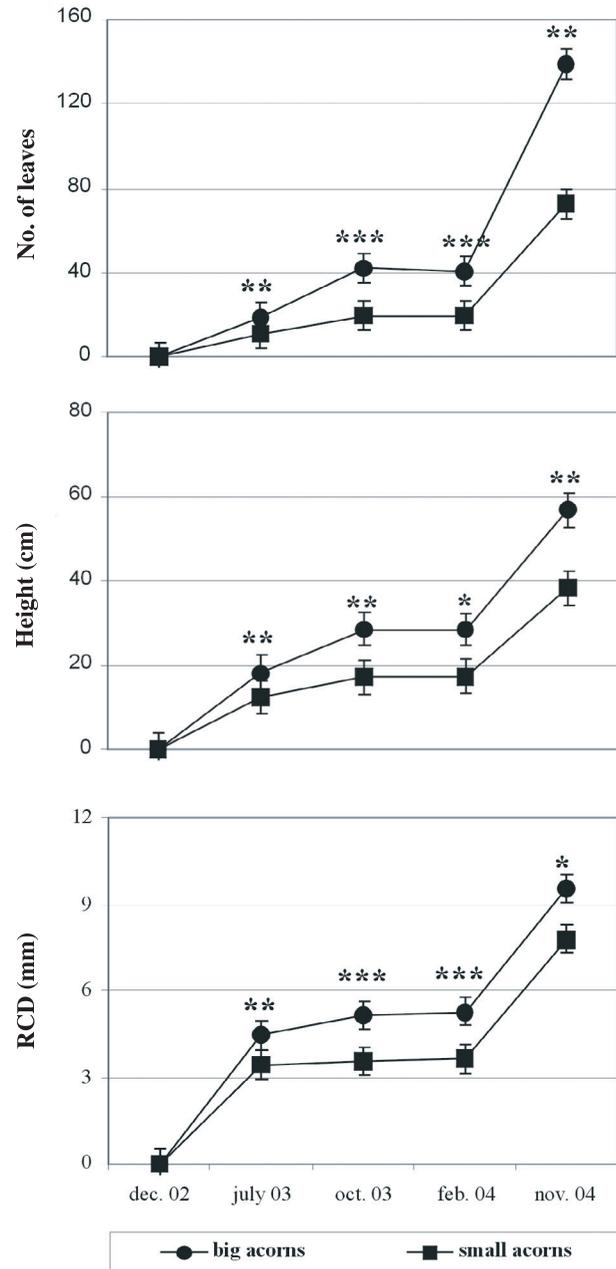


Figure 1. Evolution of height, RCD, and number of leaves of the holm oak nursery-cultivated seedlings in relation to the size of the acorn. * 0.05 > P > 0.01, ** 0.01 > P > 0.001, *** P < 0.001 (Tukey HSD all-pairwise comparisons Test).

SB ($F_{(1,19)} = 32.9, P = 0.0000$), LB ($F_{(1,19)} = 28.8, P = 0.0001$) and TB ($F_{(1,19)} = 32.5, P = 0.0000$). However, no significant differences were found with respect to FB, R:S ratio, or tap-root length, which reached a mean of 1.46 ± 0.10 m in depth. A significant positive correlation was established between acorn size and most of the morphological variables of the plants after 24 months of growth (Tab. II).

Table II. Results of the Pearson correlation analysis of the biometric characteristics of the nursery-sown acorns and the characteristics of the resulting plants after two years of cultivation ($n = 20$). r = Pearson correlation coefficient, P = P -value, AB = shoot biomass, RB = total root biomass, GB = secondary-root biomass (> 2 mm), SB = stem biomass, LB = leaf biomass, TB = Total biomass; * $0.05 > P > 0.01$, ** $0.01 > P > 0.001$, *** $P < 0.001$.

		No. leaves	AB (g)	RB (g)	Height (mm)	GB (g)	SB (g)	TB (g)	LB (g)
Acorn diameter (mm)	r	0.5420	0.7181	0.7248	0.6459	0.7246	0.6917	0.7378	0.7043
	P	0.0246*	0.0012**	0.0010**	0.0051**	0.0010**	0.0021**	0.0007***	0.0016**
Acorn length (mm)	r	0.5612	0.7189	0.7115	0.6176	0.7069	0.7073	0.7303	0.6908
	P	0.0191*	0.001**	0.0014**	0.0083**	0.0015**	0.0009***	0.0021**	
Acorn weight (g)	r	0.5989	0.7827	0.7928	0.7057	0.7903	0.7641	0.8058	0.7579
	P	0.0111*	0.002**	0.0001***	0.0016**	0.0002***	0.0004***	0.0001***	0.0004***

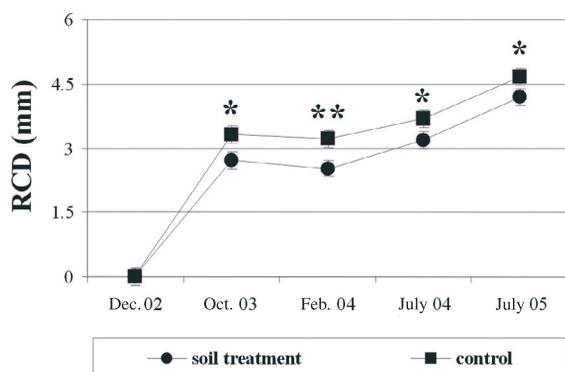


Figure 2. Evolution of the RCD of the holm oaks sown in the field in relation to the prior soil treatment made. * $0.05 > P > 0.01$, ** $0.01 > P > 0.001$, *** $P < 0.001$ (Tukey HSD all-pairwise comparisons test).

3.2. Field experiment

Of the 40 pre-germinated acorns sown at the Altiplano del Conejo in December 2002, 32 survived to July 2005 (80%). Survival, with respect to control (95%), was lower for the acorns sown with prior soil preparation (65%, $\chi^2 = 5.60$, $P = 0.017$). It was also found that seedling survival was independent of acorn size and weight (Kruskal-Wallis test, $P > 0.05$).

In relation to seedling characteristics, only RCD and R/S ratio were significantly affected by the factor analysed. Soil preparation did not encourage growth of the RCD with respect to control from the outset of the study (Fig. 2), and the plants with prior soil preparation invested less in root biomass in relation to aboveground biomass than did control plants (Fig. 3). No significant correlation was found between the biometric parameters of the acorns and the morphological attributes of the resulting seedlings, except for R:S, which correlated negatively with acorn weight (Fig. 4).

The soil preparation homogenized the characteristics of the pedological profile, as can be appreciated in Table III. The CaCO_3 content, which in the unaltered soil increased in depth,

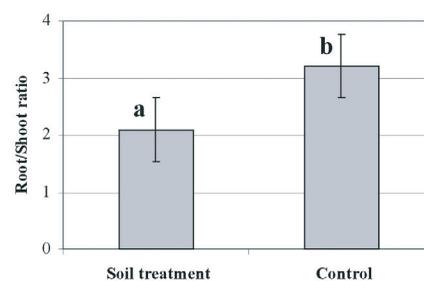


Figure 3. Root:Shoot allocation in relation to the prior soil treatment made. Different letters indicate the significant differences at 95% confidence level.

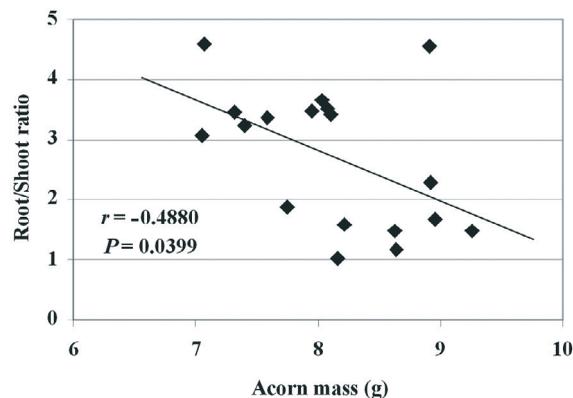


Figure 4. Root:Shoot allocation in relation to the weight of the acorns sown at the Altiplano del Conejo 32 months before. r = Pearson correlation coefficient, P = P -value.

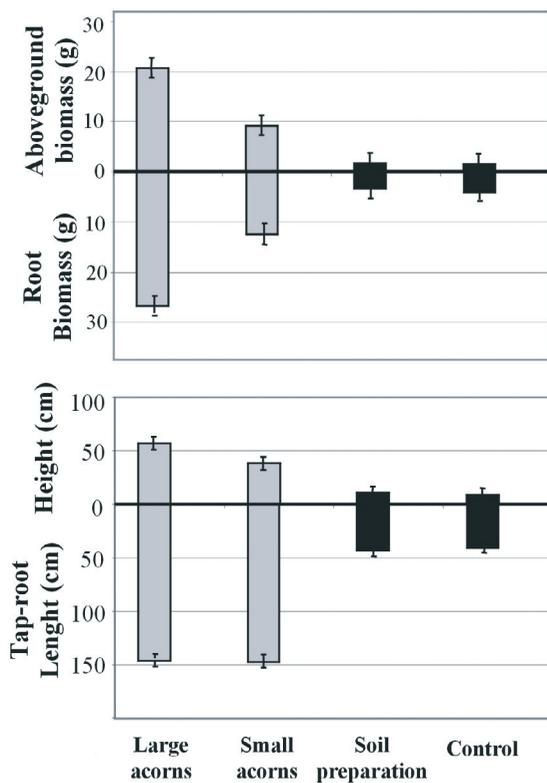
increasing on the surface of the prepared soil, the trend being the opposite with P and K.

3.3. Comparing nursery and field plants

Although the nursery plants were harvested after 24 months of growing and the plants cultivated in the field were harvested after 32 months, the development of the size and weight

Table III. Characteristics of the pedological profile of the untreated soil (control) and in the planting beds prepared with the backhoe (soil treatment).

Treatment	Depth cm	gravels %	N %	P $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	CaCO ₃ %	Na	K	Mg	Cu	Mn	Fe	Zn
						Cmol _c ·kg ⁻¹			$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$			
Control	0–20	36.8	0.12	17.64	18.8	0.10	0.27	0.52	nd	0.53	0.07	nd
	20–30	46.4	0.14	12.24	36.5	0.10	0.12	0.51	nd	0.17	0.14	nd
	30–40	55.7	0.13	9.91	49.2	0.10	0.12	0.51	nd	0.20	0.12	nd
Soil treatment	0–20	50.0	0.10	9.50	46.1	0.08	0.15	0.53	nd	0.26	0.06	nd
	20–30	40.0	0.11	12.65	41.9	0.08	0.18	0.53	nd	0.35	0.08	nd
	30–40	52.5	0.10	14.65	38.8	0.10	0.15	0.53	nd	0.31	0.11	nd

**Figure 5.** Comparative graph for development in mean size and weight of the nursery-sown plants (grey) harvested at 24 months, and those cultivated in the field (black) harvested at 32 months.

of the nursery-grown plants was far greater (Fig. 5). Similarly, the nursery plants had a more balanced R:S ratio (small acorns = $1.30 \pm 0.08a$; large acorns = $1.31 \pm 0.09a$) than did those grown in the field (control = $3.22 \pm 0.32a$; prior soil preparation = $2.09 \pm 0.36b$).

4. DISCUSSION

Under optimal water conditions in the nursery, the larger or heavier acorns produced significantly more vigorous

seedlings, a result widely supported, not only in the genus *Quercus* [16, 25, 30]. Furthermore, it is established (for an exception, see [14]) that large seeds result in higher seedling survival [3, 10, 20].

However, in the field experiment at the Altiplano del Conejo, under water-stress conditions, there was far less plant development (Fig. 5) and no relationship was found between acorn size or weight and survival or morphological characteristics of the plants over 32 months of development. This coincides with the results of Marañón et al. [23] that plant weight (after 50 days of growth) was independent of initial weight of the acorn for three *Quercus* species (see [22, 46]). In this sense, some authors [6, 24, 38] indicate that this positive relationship between seed weight and seedling growth may be restricted only to the first weeks or months after emergence, disappearing later during seedling development.

Only acorn weight negatively correlated with the root:shoot ratio (Fig. 4), this occurring only in the field experiment. This contrasts with the results reported by Leiva and Fernández-Alés [19] and Lloret et al. [20]. On the other hand, it coincides with the findings of Valdecantos et al. [40, 42] and Villar-Salvador et al. [47], who found greater increases in shoot biomass, in *Q. ilex* seedlings which were fertilized or were grown in soil amended with organic matter, without detriment to root weight.

In contrast to the results reported by Nicolás et al. [27] with respect to sowing and planting of *Q. ilex*, as well as by Querejeta et al. [32] and Bocio et al. [2] regarding the planting of *Q. ilex* and *Pinus halepensis* Mill., soil preparation with a backhoe did not favour growth or survival of the holm oak with respect to those sown without preparation, but rather the contrary; this fact may have been due to some change in the soil properties caused by the soil preparation, such as increased CaCO₃ content in the uppermost horizon coming from a deeper petrocalcic horizon (Tab. III). It has been confirmed that high CaCO₃ concentrations in the soil solution can affect the germination and growth of seedlings, because they interfere in P and K assimilation [29, 43]. In this sense, further research is needed.

Although *Q. ilex* is considered a shade-tolerant species in which the recruitment capacity falters when exposed to full sun [4, 33] or at high temperatures [49], if sowing is well planned (selected acorns, pre-germination treatments, protection against herbivores, mycorrhization, etc.), the survival can

reach very high levels. In the present study, the mean survival in the field was 80% (95% in control plants). Given the low precipitation during the study period and the low results reported by other researchers with the introduction of seedlings, even in higher-rainfall localities [9, 11, 13, 34], direct sowing of acorns in the field should be reconsidered as a technique for the restoration of holm oak forests, forestation of agricultural lands, or the diversification of forest spaces on a large scale at low cost.

Acknowledgements: This work was made possible by a predoctoral grant financed by the Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA) and a research grant financed by the system INIA-CCAA (Spain). We are grateful to David Nesbitt for the linguistic review of the English manuscript.

REFERENCES

- [1] Baeza M.J., Pastor A., Martín J., Ibáñez M., Mortalidad post-implantación en repoblaciones de *Pinus halepensis*, *Quercus ilex*, *Ceratonia siliqua* y *Tetraclinis articulata* en la provincia de Alicante, *Studia Oecol.* 8 (1991) 139–146.
- [2] Bocio I., Navarro F.B., Ripoll M.A., Jiménez M.N., De Simón E., Holm oak (*Quercus rotundifolia* Lam.) and Aleppo pine (*Pinus halepensis* Mill.) response to different soil preparation techniques applied to forestation in abandoned farmland, *Ann. For. Sci.* 61 (2004) 171–178.
- [3] Bonfil C., The effects of seed size, cotyledon reserves, and herbivory on seedling survival and growth in *Quercus rugosa* and *Quercus laurina* (Fagaceae), *Am. J. Bot.* 85 (1998) 79–87.
- [4] Broncano M.J., Riba M., Retana J., Seed germination and seedling performance of two Mediterranean tree species, holm oak (*Quercus ilex* L.) and Aleppo pine (*Pinus halepensis* Mill.): a multifactor experimental approach, *Plant Ecol.* 138 (1998) 17–26.
- [5] Carreras C., Sánchez J., Reche P., Herrero D., Navarro A., Navío J.J., Primeros resultados de una repoblación mediante siembra con protectores en Vélez-Rubio (Almería), *Cuad. Soc. Esp. Cien. For.* 4 (1997) 135–139.
- [6] Castro J., Seed mass versus seedling performance in Scots pine: a maternally dependent trait, *New Phytol.* 144 (1999) 153–161.
- [7] Castro J., Hódar J.A., Gómez J.M., Seed size, in: Basra A. (Ed.), *Handbook of seed science and technology*, Haworth's Food Products Press, New York, 2006, 796 p.
- [8] Chapman H.D., Cation-exchange capacity, in: Blank C.A., Evans D.D., White J.L., Ensminger L.E., Clark F.E. (Eds.), *Methods of soil analysis*, Vol. II, American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, 1965, pp. 891–901.
- [9] Cortina J., Bellot J., Vilagrosa A., Caturla R.N., Maestre F.T., Rubio E., Ortíz De Urbina J.M., Bonet A., Restauración en semiárido, in: Vallejo V.R. (Ed.), *Avances en el estudio de la gestión del monte Mediterráneo*, Fundación CEAM, Valencia, España, 2004, pp. 345–406.
- [10] Dalling J.W., Hubbell S.P., Seed size, growth rate and gap microsite conditions as determinants of recruitment success for pioneer species, *J. Ecol.* 90 (2002) 557–568.
- [11] Del Campo A.D., Navarro R., Stoktypes quality of holm oak (*Quercus ilex* L. subsp. *ballota* (Desf.) Samp.) seedlings from different nurseries. Evaluation of field performance, *Cuad. Soc. Esp. Cien. For.* 17 (2004) 35–42.
- [12] FAO-ISRIC, Base referencial mundial del recurso del suelo, FAO, Roma, 1998, 91 p.
- [13] Fuentes D., Valdecantos A., Vallejo V.R., Planting *Pinus halepensis* Mill. and *Quercus ilex* L. subsp. *ballota* (Desf.) Samp. seedlings in dry Mediterranean environments with a water harvesting technique, *Cuad. Soc. Esp. Cien. For.* 17 (2004) 157–161.
- [14] Gómez J.M., Bigger is not always better: Conflicting selective pressures on seed size in *Quercus ilex*, *Evolution* 58 (2004) 71–80.
- [15] Gómez V., Ocaña L., Las marras causadas por defectos en las operaciones de reforestación, *Cuad. Soc. Esp. Cien. For.* 4 (1997) 35–42.
- [16] Jarvis P.G., The effects of acorn size and provenance on the growth of seedlings of sessile oaks, *Q. J. For.* 57 (1963) 11–19.
- [17] Jiménez M.N., Ripoll M.A., Navarro F.B., Bocio I., De Simón E., Modification of the edaphic microclimate produced by irrigation in afforestation of semiarid areas, *Invest. Agrar. Sist. Recur. For. Fuera de serie* (2004) 142–151.
- [18] Jiménez-Sancho M.P., Díaz P., Iglesias S., De Tuero M., Gil L., Las regiones de procedencia de *Quercus ilex* L. en España, ICONA, Madrid, España, 1996.
- [19] Leiva M.J., Fernández-Alés R., Variability in seedling water status during drought within a *Quercus ilex* subsp. *ballota* population, and its relation to seedling morphology, *For. Ecol. Manage.* 111 (1998) 147–156.
- [20] Lloret F., Casanovas C., Peñuelas J., Seedling survival of Mediterranean shrubland species in relation to root:shoot ratio, seed size and water and nitrogen use, *Funct. Ecol.* 13 (1999) 210–216.
- [21] Maestre F.T., Cortina J., Bautista S., Bellot J., Vallejo V.H., Small-scale environmental heterogeneity and spatio-temporal dynamics of seedling establishment in a semi-arid degraded ecosystem, *Ecosystems* 6 (2003) 630–643.
- [22] Marañón T., Villar R., Quero J.L., Pérez-Ramos I.M., Análisis del crecimiento de plántulas de *Quercus suber* y *Q. canariensis*: experimentos de campo y de invernadero, *Cuad. Soc. Esp. Cien. For.* 20 (2004) 87–92.
- [23] Marañón T., Zamora R., Villar R., Zavala M.A., Quero J.L., Pérez-Ramos I.M., Mendoza I., Castro J., Regeneration of tree species and restoration under contrasted Mediterranean habitats: field and glasshouse experiments, *Int. J. Ecol. Environ. Sci.* 30 (in press).
- [24] Meyer S.E., Carlson S.L., Achene mass variation in *Ericameria nauseosus* (Asteraceae) in relation to dispersal ability and seedling fitness, *Funct. Ecol.* 15 (2001) 274–281.
- [25] Miao S., Acorn mass and seedling growth in *Quercus rubra* in response to elevated CO₂, *J. Veg. Sci.* 6 (1995) 670–700.
- [26] Navarro R., Fragueiro B., De Prado R., Díaz J.L., Guzmán R., Técnicas de conservación del suelo en forestaciones de terrenos agrícolas, in: Fernández P., González E.J., Martínez A., Navarro R. (Eds.), *Mantenimiento y conservación del suelo en forestaciones agrarias*, Asociación Española Agricultura de Conservación/Suelos Vivos-ETSI Agrónomos y de Montes, Universidad de Córdoba, Córdoba, España, 2004, pp. 41–73.
- [27] Nicolás J.L., Domínguez S., Herrero N., Villar P., Plantación y siembra de *Quercus ilex* L.: efectos de la preparación del terreno y de la utilización de protectores en la supervivencia de plantas, *Actas del II Congreso Forestal Español*, vol. 3, 1997, pp. 449–454.
- [28] Olsen S.R., Sommers L.E., Phosphorus, in: Page D.L. (Ed.), *Methods of Soil Analysis. Chemical and Microbiological Properties*, American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, USA, 1982, pp. 403–430.
- [29] Papatheodorou E.M., Stamou G.P., Nutrient attributes of tissues in relation to grazing in an evergreen sclerophyllous shrub (*Quercus coccifera* L.) dominating vegetation in Mediterranean-type ecosystems, *J. Arid Environ.* 59 (2004) 217–227.
- [30] Paz H., Martínez-Ramos M., Seed mass and seedling performance within eight species of *Psychotria* (Rubiaceae), *Ecology* 84 (2003) 439–450.
- [31] Porrás C.J., Brun P., Copete J., Pérez R., Studies on holm oak regeneration in Sevilla mountains, *Cuad. Soc. Esp. Cien. For.* 17 (2004) 223–226.

- [32] Querejeta J.I., Roldán A., Albadalejo J., Castillo V., The role of the mycorrhizae, site preparation, and organic amendment in the afforestation of a semi-arid Mediterranean site with *Pinus halepensis*, For. Sci. 44 (1998) 204–211.
- [33] Retana J., Espelta J.M., Gracia M., Riba M., Seedling recruitment, in: Rodà F., Retana J., Gracia C., Bellot J. (Eds.), Ecology of Mediterranean evergreen oak forest, Springer-Verlag, Berlin, 1999, pp. 89–103.
- [34] Rey Benayas J.M., Growth and mortality in *Quercus ilex* L. seedlings after irrigation and artificial shading in Mediterranean set-aside agricultural lands, Ann. Sci. For. 55 (1998) 801–807.
- [35] Reyes O., Casal M., Seed germination of *Quercus robur*, *Q. pyrenaica* and *Q. ilex* and the effects of smoke, heat, ash and charcoal, Ann. For. Sci. 63 (2006) 205–212.
- [36] Rivas-Martínez S., Loidi J., Bioclimatology of the Iberian peninsula, Itinera Geobot. 13 (1999) 41–47.
- [37] Seva J.P., Valdecantos A., Cortina J., Vallejo V.R., Different techniques for afforestation with *Quercus ilex* ssp. *ballota* (Desf.) Samp. in degraded lands (Comunidad Valenciana), Cuad. Soc. Esp. Cien. For. 17 (2004) 233–238.
- [38] Smart A., Moser L.E., Switchgrass seedling development as affected by seed size, Agron. J. 91 (1999) 335–338.
- [39] Terradas J., Holm oak and holm oak forest: an introduction, in: Rodà F., Retana J., Gracia C., Bellot J. (Eds.), Ecology of Mediterranean evergreen oak forest, Springer-Verlag, Berlin, 1999, pp. 3–14.
- [40] Valdecantos A., Cortina J., Vallejo V.R., Respuesta de plantones de pino carasco y encina carrasca a la fertilización, Cuad. Soc. Esp. Cien. For. 10 (2000) 63–68.
- [41] Valdecantos A., Cortina J., Fuentes D., Casanova G., Díaz-Beltrana J.M., LLavador F., Vallejo V.R., Use of biosolids for reforestation in the Region of Valencia (E Spain). First results of a pilot project, Bioprocessing Solid Waste Sludge 1 (2002) 1–6.
- [42] Valdecantos A., Fuentes D., Cortina J., Utilización de biosólidos en la restauración forestal, in: Vallejo V.R. (Ed.), Avances en el estudio de la gestión del monte Mediterráneo, Fundación CEAM, Valencia, España, 2004, pp. 313–344.
- [43] Valdecantos A., Cortina J., Vallejo V.R., Nutrient status and field performance of tree seedlings planted in Mediterranean degraded areas, Ann. For. Sci. 63 (2006) 249–256.
- [44] Valladares F., Martínez-Ferri E., Balaguer L., Pérez-Corona E., Manrique E., Low leaf-level response to light and nutrients in Mediterranean evergreen oaks: a conservative resource-use strategy? New Phytol. 148 (2000) 79–91.
- [45] Valladares F., Pugnaire F.I., Tradeoffs between irradiance capture and avoidance in semi-arid environments assessed with a crown architecture model, Ann. Bot. 83 (1999) 459–469.
- [46] Villar R., Ruíz-Robledo J., Quero J., Poorter H., Valladares F., Marañón T., Tasas de crecimiento en especies leñosas: aspectos funcionales e implicaciones ecológicas, in: Valladares F. (Ed.), Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, España, 2004, pp. 191–227.
- [47] Villar-Salvador P., Planelles R., Enríquez E., Peñuelas J., Nursery cultivation regimes, plant functional attributes, and field performance relationships in the Mediterranean oak *Quercus ilex* L., For. Ecol. Manage. 196 (2004) 257–266.
- [48] Williams D.E., A rapid manometric method for the determination of carbonate in soils, Soil Sci. Am. Proc. 13 (1948) 27–129.
- [49] Zulueta J., Montoto J.L., Efectos de la temperatura y humedad en la germinación de bellotas de encina (*Quercus ilex* L.) y alcornoque (*Quercus suber* L.), Invest. Agrar. Sist. Recur. For. 1 (1992) 65–71.

CAPÍTULO 2.
**EFFECTO DE LOS TRATAMIENTOS
CULTURALES SOBRE LA PLANTA
FORESTADA**

Resumen

En este capítulo se estudian los efectos que producen los tratamientos post-plantación (culturales) sobre la supervivencia y desarrollo de una forestación con encinas. En un primer trabajo, se analizó la influencia de nueve tratamientos culturales (binas en primavera y otoño en diferentes años, aplicación de mulch orgánico e inorgánico y riegos en distintos períodos), sobre la evolución y desarrollo de una forestación con encinas. La preparación previa del terreno consistió en un ahoyado con retroexcavador de 80 HP y homogeneizó las características del perfil. Se analizó la supervivencia, la concentración de nutrientes en hojas y en suelo y la superficie foliar. El riego periódico durante la estación seca proporcionó los mejores resultados de supervivencia (98,3%) mientras que con la aplicación de cobertura con residuos sólidos urbanos se obtuvieron los peores resultados (6,6 %). El aporte de residuos forestales incrementó las concentraciones de N, K y Mn en todas las profundidades del suelo con respecto al resto de tratamientos, y los residuos sólidos urbanos provocaron el mismo efecto en N, P, K, Na, Cu, Fe y Zn. Todos los nutrientes foliares decrecieron en el muestreo de 2005 respecto al muestreo de 2004, excepto el N, Cu y Zn. Se propone la utilización de la concentración de nutrientes en hojas junto con el incremento en superficie foliar, como método no destructivo para conocer el desarrollo y evolución de las forestaciones en las primeras etapas de crecimiento. La aplicación de residuos forestales, y especialmente la colocación de piedras grandes en la banqueta de plantación, resultaron ser los más eficaces en el desarrollo de las plantas.

En otro trabajo evaluamos el efecto que produce el protector invernadero "Tubex[®]", sobre el crecimiento y supervivencia de *Juniperus thurifera* L. en tierras agrícolas semiáridas mediterráneas. Se tomaron datos biométricos de las plantas durante dos años y se recogieron datos meteorológicas en la zona experimental para caracterizar el microclima inducido por el protector. El porcentaje de supervivencia dentro y fuera del protector fue del 100%. Sin embargo, un incremento de temperatura máxima absoluta y una importante reducción de la radiación se produjo dentro del protector, lo que podría hacer que las plantas crecieran más e incrementaran la superficie foliar con un significativo efecto negativo sobre la biomasa de raíces, cantidad de raíces finas y gruesas, longitud de la raíz principal y diámetro del cuello de la raíz, el cual constituye la clave para su supervivencia en climas en los cuales los recursos hídricos son escasos y las

plantas están sujetas a largos períodos de xericidad. Por tanto, el uso de tubos protectores parece inviable, al menos en estos ambientes y para especies de estas características.

**2.1. INFLUENCIA DE DIFERENTES
TRATAMIENTOS POST-PLANTACIÓN
EN EL DESARROLLO DE UNA
FORESTACIÓN CON ENCINA**

Influence of different post-planting treatments on the development in Holm oak afforestation

M. N. Jiménez · E. Fernández-Ondoño ·
M. A. Ripoll · F. B. Navarro · E. Gallego ·
E. De Simón · A. M. Lallena

Received: 4 August 2006 / Revised: 15 January 2007 / Accepted: 13 February 2007 / Published online: 2 March 2007
© Springer-Verlag 2007

Abstract This work examines the influence of different post-planting treatments in the development of afforested Holm oak, *Quercus ilex* L. subsp. *ballota* (Desf.) Samp., in an abandoned agricultural field in SE Spain. A total of nine post-planting treatments were carried out: tilling spring and autumn in different years, spreading of organic and inorganic mulch, irrigation in different periods. Soil preparation prior to planting consisted of digging of a hole with a backhoe excavator of 80 HP and homogenized the profile characteristics. Survival, nutrient concentrations in both leaves and soil, and foliage surface have been studied. Dry-season irrigation every 2 weeks provided the best survival rate (98.3%), while mulching with solid urban wastes caused the worst results (6.6%). The supply of forest debris increased the N, K, and Mn concentrations at all depths with respect to the other treatments, and the solid urban

waste had the same effect in N, P, K, Na, Cu, Fe, and Zn. All the foliar nutrients decreased in 2005 with respect to the 2004 sampling, except in N, Cu, and Zn. The use of foliar nutrient concentrations, together with the increase in leaf surface is proposed as a non-destructive index of development and of forestation stands in the first stages of growth. The application of forest debris, and particularly the placement of boulders in the beds of individual trees proved most effective in sapling development.

Keywords Afforestation · Post-planting treatments · Holm oak · Nutrients · Semi-arid

Introduction

Holm oak is a widely distributed evergreen sclerophilous species in the Mediterranean region (Debazac 1983; Terradas 1999), especially in the Iberian Peninsula, where it has inhabited broad territories (d'Amaral Franco 1983). Its prominence in Mediterranean vegetation has made it one of the most frequently used species in the forestation of agricultural lands, promoted by the Common Agricultural Policy (Regulation EEC No. 2080/92). However, in dry and semi-arid zones, these plantings are characterized by low survival and slow growth, apparently due to the vulnerability of this species to environmental factors, particularly during the dry period of the first summer after planting (Matney and Hodges 1991; Gómez and Elena 1997; Villar-Salvador et al. 2004). The factors determining the survival and development of Holm oak seedlings can be highly varied: nutrient-poor soils, especially in N and P (Terradas 2001; Sardans and Peñuelas 2004, 2005a), herbivore pressure, competition with herbaceous vegetation, excess of solar radiation, high dry-season temperatures,

Communicated by R. Matyssek.

M. N. Jiménez (✉) · M. A. Ripoll · F. B. Navarro ·
E. Gallego · E. De Simón
Dpto. Forestal. Área de Recursos Naturales,
Centro de Investigación y Formación Agraria,
Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria,
Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica
(C.I.C.E., Junta de Andalucía),
Camino Purchil s/no. Apto. 2027, 18080 Granada, Spain
e-mail: noelia.jimenez.ext@juntadeandalucia.es

E. Fernández-Ondoño
Dpto. Edafología y Química Agrícola,
Facultad de Ciencias, Universidad de Granada,
Campus Fuentenueva s/no, 18071 Granada, Spain

A. M. Lallena
Dpto. Física Atómica, Molecular y Nuclear,
Facultad de Ciencias, Universidad de Granada,
Campus Fuentenueva s/no, 18002 Granada, Spain

low water availability, mutualistic symbioses, etc. (Baeza et al. 1991; Rey-Benayas 1998; Retana et al. 1999; Cierjacks and Heslen 2004; Seva et al. 2004; Jiménez et al. 2004; Valdecantos et al. 2006). Several authors have designed forestation experiments to study the influence of these factors in the development of plantations. The nutrient supply, soil moisture, and the influence of radiation have proved to be three of the most informative parameters to study (Vallejo and Alloza 1998; Querejeta et al. 2001; Valdecantos et al. 2002). Many works have mentioned water resources as one of the most limiting factors for the survival of Mediterranean species of *Quercus* (Aschmann 1984; De Simón 1990; Rodó and Comín 2001), mainly during the first few years after planting in the field, irrigation being very costly during dry periods, which are of unpredictable length (Joffre et al. 1999). Nevertheless, in many forestation sites, occasional irrigation is applied during the first few summers after planting the seedlings, without evaluating the effectiveness of this practice. Navarro et al. (2004) and Rey and Camacho (2004) recommended cultural treatments to foster seedling development, using mechanical procedures or some type of mulch, as well as irrigation during seedling establishment. Other authors have proposed soil preparation at planting to take the best advantage of the rainfall or minimize losses to evaporation and contribute positively to the development of seedlings (Tenbergen et al. 1995; De Simón et al. 2004; Bocio et al. 2004).

The use of solid urban waste as organic amendment to rehabilitate degraded ecosystems is an alternative to its disposal. Besides it is a source of organic matter containing a large amount of nutrients which are considered as essential for plants development (Cañellas et al. 2004; Delgado et al. 2002; Martínez et al. 2003). At present, solid urban waste is used as organic amendment in agricultural lands, gardening, and ultimately, in the forestal environment as, e.g., fertilizing (Castillo et al. 2004; Albaladejo et al. 2000; Seva et al. 1996).

In intensive monitoring programs proposed by the European Economic Community (UN-ECE 1994), the foliar nutritional state serves as a development index for forests. The factors that determine the concentration of elements in leaves are extremely varied: type of leaf, age of the plant, season of the year, availability of nutrients in the soil, climate conditions, and soil properties (Bussotti et al. 2000). The evaluation of the mineral composition in the leaves is based on the relationship between the growth and the available concentration of all the elements in the leaves (Luyssaert et al. 2004). The nutrient concentration in leaves and plants is related to plant growth for many plant species (Ingestad 1987).

Our hypothesis is that post-planting treatments can improve the survival and development of Holm oak affores-

tation, but the evaluation of the changes they produce in very slow growth plants, such as the Holm oak, can be difficult to observe. The aim of the present work is to evaluate the influence of different post-planting treatments (tilling, organic and inorganic mulches, and irrigation in different periods) in the evolution and on the development of afforested Holm oaks using survival, leaf surface, and foliar macro- and micronutrient concentration.

Materials and methods

Location of the study area and experimental design

The experiment was conducted in the Altiplano del Conejo (Guadix-Baza Depression, Granada), in the SE Iberian Peninsula, the coordinates being 37°26'N and 3°5'W, at 950 m a.s.l. The study area was in an agricultural zone abandoned since 1993, of xeric-oceanic bioclimate, mesomediterranean thermotype, and semiarid ombrotype (mean annual precipitation of 304 mm; Rivas-Martínez and Loidi 1999), with flat, homogeneous topography.

The soil, petric calcisol (FAO-ISRIC 1998), was very homogeneous throughout the test area. Its greatest limitation is its shallowness, due to the limestone crust situated between 35 and 40 cm in depth, and the high CaCO₃ content. The prolonged cultivation in the area made a very homogeneous soil profile with little differences between the Ap horizon (0–25 cm) and the Bw one (Ripoll 2004).

The layout consists of 10 plots with 1,500 m² approximately, each one with 60 Holm oak [*Q. ilex* L. subsp. *ballota* (Desf.) Samp.] seedlings planted at regular intervals (5 × 5 m) in February 2001. Ten post-planting treatments (9 + control) were applied randomly.

The Holm oaks seedlings were taken at random from a commercial lot nursery grown for 1 year in containers of 350 cm³ (Arnabat) with an anti-spiralling system. Soil preparation consisted of digging a hole with a backhoe excavator of 80 HP, with a bucket of 50 × 80 cm. Once planted, the seedlings were protected against herbivores with a wire mesh. The post-planting treatments were carried out at bed level (1 × 1 m). These treatments were:

TC: Control treatment without any cultural care.

Treatment 1 (T1): Tilling in spring and autumn 2001.

Treatment 2 (T2): Tilling in spring and autumn 2001, 2002, and 2003.

Treatment 3 (T3): Spreading of organic mulch consisting of shredded debris from pine pruning.

Treatment 4 (T4): Placement of three boulders (30 cm of diameter) on the bed around the seedling.

Treatment 5 (T5): Irrigation to prolong the vegetative period (second half of June).

Treatment 6 (T6): Irrigation in the period of greatest drought stress (second half of July).

Treatment 7 (T7): Irrigation to shorten the dry period (second half of September).

Treatment 8 (T8): Periodic irrigation during the dry period (every 2 weeks from the second half of June to the first half of September).

Treatment 9 (T9): Spreading of organic mulch consisting of composted solid urban waste. The compost used was obtained in aerobic conditions. The composition is presented in Table 1. As one can observe, none of the elements analysed shows concentrations larger than the maximum limits permitted to be used in agricultural soils in the EU (Alloway 1995).

In each irrigation a 50 l drum of water was dumped manually to each plant in 2001, 2002, and 2003.

All these post-planting treatments are commonly used in the afforestation of agricultural lands and mediterranean forestation to favour the survival and development of seedlings. It has been checked that these treatment prevent the growth of herbaceous vegetation, limit the losses in the

soil water and regulate the soil temperature (Pemán and Navarro 1998; Navarro et al. 2004; Serrada 2000; Glaud and Gouleke 1989; Ramos 1981).

Measurement of climatic variables

During the sampling period, the general climatic variables were measured by a THIES mod. DL-15 meteorological station located in the study zone. Temperature and precipitation data were registered every 30 min.

Ripoll (2004) calculated the water-retention capacity of the soil in the study area at 65.3 mm, which, together with the low and irregular pluviometry, signifies that no period of the year had excess water. According to this author, the maximum capacity of the water in the soil reserve was detected in December and January, whereas from April the plants began to undergo physiological drought.

Survival

We have considered as alive those plants showing some green leaf. Those plants without green leaves were considered to fail. Sprouts were not considered. Survival was monitored in July and October 2001, 2002, 2003, 2004, and 2005. At the end of the study period (October 2005) a survival analysis based on the Kaplan–Meier product method (see below) was done in order to compare each treatment with the control one.

Analytical methods

The effect that soil preparation and post-planting treatments exerted on the soil characteristics was determined from soil samples composed of subsamples from different points inside the same treatment area collected in January 2005 (4 years after applying of the treatments) at 0–20, 20–30, and 30–40 cm in depth. Also, samples were collected at the same depths from soil without prior preparation. The following analytic determination of soils were also carried out: total *N*, with Kjeldahl method; exchangeable cations (Ca, Mg, K, Cu, Mn, Fe, and Zn), by extraction with 1 N ammonium acetate (pH 7.0) (Chapman 1965); available P, with the classical Olsen method (Olsen and Sommers 1982); and the CaCO₃ equivalent, with a manometric method (Williams 1948).

In January 2004 and 2005, leaf samples were collected to analyse the nutrient content. We choose this sampling period because, prior to sprouting, plants usually accumulate nutrients to meet the needs for spring growth (Silla and Escudero 2003). In previous years, samples were not collected due to the low number of leaves. For the same reason, analyses of individuals were not possible, but rather leaf samples were collected from all the plants of the same

Table 1 Analytical characteristics of the composted residue used in the experiment

Physical–chemical parameters	
Granulometry	<12 mm
Moisture	24%
pH	7.4
Electrical conductivity (1/25)	1.7 mmhos/cm
Organic matter	51.3%
C/N ratio	17.5
Composition	
Nitrogen	1.70%
Phosphorus	0.92%
Potassium	1.03%
Calcium	8.59%
Magnesium	1.29%
Iron	0.56%
Sodium	1.03%
Boron	72 µg g ⁻¹
Heavy elements	
Cadmium	3 µg g ⁻¹
Copper	189 µg g ⁻¹
Nickel	30 µg g ⁻¹
Plumb	1 µg g ⁻¹
Mercury	Not detected
Chrome	26 µg g ⁻¹
Zinc	430 µg g ⁻¹
Manganese	116 µg g ⁻¹

treatment and pooled. To avoid stressing effects on the plants which could be showed in the posterior measurements, we take four leaves per plant only. Leaves from the tips of the shoots and damaged leaves were discarded. Leaf samples were transported in polyethylene bags to the Department of Pedology and Agricultural Chemistry of the University of Granada, washed in distilled water, dried at 60°C in a forced-air oven, and milled. Foliar nitrogen was determined by the Kjeldahl method. For other elements, subsamples were ashed overnight in porcelain crucibles at 450°C. The residue was dissolved in HCl and diluted to analyse the tissue elements: Ca, Mg, Fe, Cu, Mn and Zn by atomic-absorption spectrophotometry, Na and K by flame-emission spectrophotometry (SpectrAA 220 FS Varian), and P by colorimetry (molybdenum-blue method).

Estimation of leaf surface

Leaf surface (LS) was calculated, in October of 2003, 2004, and 2005, for 25 Holm oak seedlings in each treatment with a non-destructive estimator (Casadesús et al. 2000) based on the same principles used in spectroradiometry (selective light-absorption by chlorophyll). The instrument used for the foliar surface estimation was a closed tube with reflecting walls and illuminated with a diffuse artificial light source. The spectra were sampled at the centre of the tube top by a Full Sky Irradiance Remote Cosine Receptor. The reflectance spectrum for each plant was calculated from the spectrum sampled with the plant inside the tube divided by the spectrum previously sampled in the tube without a plant. Normalized difference vegetation index (NDVI) was calculated from the reflectance spectra as $NDVI = (R770 - R680) / (R770 + R680)$, where R770 and R680 were the reflectances at 770 and 680 nm, respectively. In order to determine the relationship between NDVI and plant green area, for *Q. ilex* L. subsp. *ballota* (Desf.) Samp., we measured the NDVI for a set of samples with known LS. A linear regression of the results gave the following equation:

$$LS = 315.064 + (168.548 \times NDVI),$$

$$r = 0.99, p < 0.001 (n = 25).$$

The LS values quoted in Table 5 correspond to the mean values obtained for the 25 samples considered for each treatment.

Nutrient pool and effectiveness

The total foliar mass together with the total nutrient content are responsible for plant growth (Luyssaert et al. 2004). We define the pool of nutrients as the product of these two quantities. In our experiment, the total foliar mass was not

available and, due to the fact that we were seeking for a non-destructive method for the plantation, the pool of nutrients in leafs for each treatment was calculated as

$$P = LN_{\text{wght}} \times LS_{n-1},$$

where P is the pool of the nutrients in seasonal plant growth, LN_{wght} is the mean leaf nutrient concentration in dry weight, and LS_{n-1} is the leaf surface in October of the previous year. The effectiveness of the nutrients stored until January in the subsequent development of the seedlings was established by the following equation:

$$E = LN_{\text{wght}} \times (LS - LS_{n-1}),$$

where E is the effectiveness of the nutrients in seasonal plant growth, and LS is the mean leaf surface measured in October of the same year.

Statistical analysis

The statistical analysis carried out try to establish the effects of the post-planting treatments in the survival, development, and use of the edaphic resources in a Holm oak afforestation. The data from the laboratory analysis and from the field measurements were analyses with the programs Microsoft Excel 97 and Statistix 8.0 for Windows 98, with which different one-way ANOVAs were made at a confidence level of 95%. In the case of violation of the Barlett test of variance equality, the nonparametric tests of Kruskal–Wallis was used. Depending on the analysis made, Tukey's measurement–comparison test was applied (assuming equal variances). These tests were used to analyse the leaf surfaces and the nutrient content of the samples. Spearman correlation was used to determine the degree of dependence between the variables $CaCO_3$, P, K, Na, Fe, Mg, Mn, and N. Survival was analysed by Kaplan–Meier survival curves, and the statistical analysis was made with Statgraphics Plus 4.0 (Pérez 1998; Rivas-López and López 2000).

Due to the smallness of the plants, it was not possible to do repetitions in order to determine the uncertainties in the nutrient concentrations. To estimate these uncertainties, we carried out an analysis of the different nutrients using adult Holm oak leafs obtained in the same treatment area. Each nutrient concentration was measured four times, which permitted us to calculate the corresponding mean and standard deviation values. The relative uncertainties obtained were used to evaluate the uncertainties in the samples.

The uncertainties associated with nutrient pool and effectiveness were determined by propagating the errors of the corresponding factors using a Monte Carlo strategy. For each nutrient, a series of values was calculated as the product of values of LN_{wght} and LS_{n-1} , or $(LS - LS_{n-1})$,

generated according to the respective Gaussian distributions. The mean and the uncertainty of both P and E were obtained from the distributions obtained in this way.

Results

Climatic variables

The climate data from the meteorological station over the study period appear in Fig. 1. From the planting in February 2001, precipitation was high from October 2003 to January 2004, registering 156.9 mm, this being 27% above average for this period. Low rainfall was recorded from October 2004 to January 2005, with 33.6 mm, or 73% below average for this period. The highest and lowest temperatures were also varied and extreme, with an absolute low of -19.3°C in January 2005 (lowest value in 10 years for the study area), and an absolute high of 39.1°C in July of the same year. It is noteworthy that the dry period (October 2004–January 2005) coincided with the coldest season.

Soil properties

As indicated in [Materials and methods](#), the soil profile is very homogeneous due to the prolonged cultivation. The soil preparation prior to planting produced an additional homogenization of the profile characteristics, as can be appreciated from Table 2. The CaCO_3 , which in the unprepared soil increased in depth, did not follow this pattern in the other treatments; for example, in the TC it was greater in the first few centimetres. Similarly, the K and P contents, which in the unprepared soil were greater on the surface and decreased in depth, reach similar values at all depths due to the soil preparation. The tilling in T1 and T2 magnified this effect.

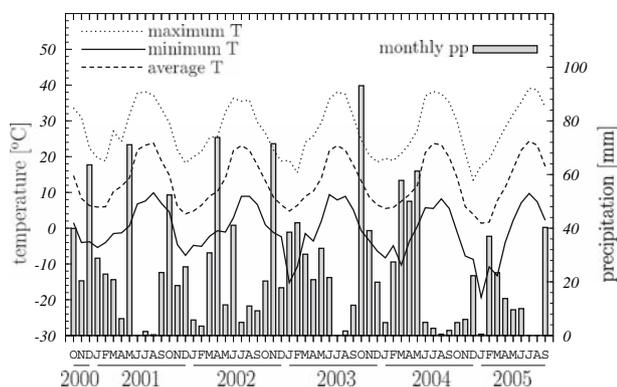


Fig. 1 Average monthly temperature, absolute maximum and minimum monthly temperatures and monthly precipitation data during the period October 2000 to September 2005, collected in the meteorological station located in the study zone

The T3 and T9 treatments deserve to be mentioned apart, as they provided the soil with extra nutrients. The supply of forest debris increased the content in N, K, and Mn at all the depths studied with respect to the rest of the treatments, especially in the first 10 cm. The solid urban wastes had the same effect in N, P, K, Na, Cu, Fe, and Zn.

The correlation between the soil parameters analysed (Table 3) proved significant, being positive for K with almost all the elements, except with the CaCO_3 content, which gave a negative correlation. The P showed a positive correlation with Mn, K and N; Fe with N, K, and Na; Mg with K and Na; and Mn with K and N (positive) and with CaCO_3 (negative).

Survival

At the end of the study period, the highest percentage of survival was found in T8, and the lowest in T9. Except for this latter treatment, the rest presented higher survival percentages than did TC, all cases surpassing 70% (Fig. 2). The Logrank test showed significant differences between the various post-planting treatments and control (Table 4).

Leaf area

Table 5 presents the results for mean leaf area in relation to the treatment and sampling period. In October 2003, 3 years after planting, there were no significant differences in leaf area between TC and the other treatments. In October 2004, T2, T6, and T8 showed significantly higher values than in TC. Furthermore, T8 showed significantly greater development in leaf area than the rest. In October 2005, T3, T4, T6, T8, and T9 presented significant differences with respect to TC. Between October 2003 and 2004, all the treatments registered significant increases in leaf area except T6, for which the increase was not significant.

Without dry-season irrigation in 2004, the harsh winter conditions of 2005 (Fig. 1) defoliated the saplings in some treatments, reducing the leaf surface, as reflected in the measurement of October 2005, T9 being notable for presenting the most severe defoliation. The least affected treatments were T3, T4, and T8.

Foliar-nutrient concentrations

The treatments with the highest and lowest concentrations in P, N, K, Ca, Mg, Cu, and Zn varied notably between the sampling years 2004 and 2005, with striking changes in treatments T3, T4, T7, and T9 (Table 6).

In January 2004, treatments T3 and T7 presented the lowest concentrations in N and P. Furthermore, these were

Table 2 Values for the soil analysis performed in January 2005 on soil samples collected at 0–20, 20–30, and 30–40 cm in depth in each of the treatments and in unprepared soil

Treatments	Depth (cm)	Gravel (%)	N (%)	P ($\mu\text{g g}^{-1}$)	CaCO ₃ (%)	Na (Cmol _c kg ⁻¹)	K (Cmol _c kg ⁻¹)	Mg (Cmol _c kg ⁻¹)	Cu ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Mn ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Fe ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Zn ($\mu\text{g g}^{-1}$)
Unprepared soil	0–20	36.8	0.12	17.64	18.8	0.10	0.27	0.52	nd	0.53	0.07	nd
	20–30	46.4	0.14	12.24	36.5	0.10	0.12	0.51	nd	0.17	0.14	nd
	30–40	55.7	0.13	9.91	49.2	0.10	0.12	0.51	nd	0.20	0.12	nd
TC	0–20	50.0	0.10	9.50	46.1	0.08	0.15	0.53	nd	0.26	0.06	nd
	20–30	40.0	0.11	12.65	41.9	0.08	0.18	0.53	nd	0.35	0.08	nd
	30–40	52.5	0.10	14.65	38.8	0.10	0.15	0.53	nd	0.31	0.11	nd
T1	0–20	47.9	0.11	19.70	45	0.08	0.15	0.52	nd	0.32	0.06	nd
	20–30	44.0	0.12	21.50	44.2	0.08	0.18	0.52	nd	0.37	0.07	nd
	30–40	39.8	0.11	17.21	54.6	0.10	0.15	0.52	nd	0.33	0.09	nd
T2	0–20	26.5	0.13	11.64	55	0.08	0.09	0.52	nd	0.24	0.05	nd
	20–30	34.3	0.11	17.90	53.5	0.10	0.12	0.52	nd	0.28	0.07	nd
	30–40	38.6	0.12	10.01	55	0.10	0.12	0.53	nd	0.24	0.05	nd
T3	0–20	56.8	0.20	19.91	36.5	0.08	0.30	0.55	nd	0.83	0.08	nd
	20–30	55.8	0.16	22.17	41.1	0.08	0.18	0.53	nd	0.72	0.10	nd
	30–40	61.5	0.20	16.21	47.3	0.10	0.21	0.54	nd	0.68	0.11	nd
T4	0–20	50.0	0.16	16.20	44.6	0.10	0.18	0.54	nd	0.53	0.06	nd
	20–30	50.0	0.13	14.34	43.8	0.10	0.18	0.53	nd	0.52	0.07	nd
	30–40	62.5	0.15	17.13	28.8	0.10	0.21	0.54	nd	0.52	0.17	nd
T5	0–20	51.5	0.13	15.39	46.5	0.10	0.15	0.54	nd	0.51	0.07	nd
	20–30	41.6	0.12	13.57	46.9	0.10	0.18	0.54	nd	0.42	0.10	nd
	30–40	35.9	0.12	12.14	46.9	0.10	0.15	0.54	nd	0.44	0.06	nd
T6	0–20	49.4	0.13	14.03	21.9	0.10	0.12	0.53	nd	0.31	0.06	nd
	20–30	34.8	0.11	10.11	43.1	0.10	0.15	0.53	nd	0.34	0.09	nd
	30–40	36.8	0.12	10.32	43.1	0.12	0.15	0.53	nd	0.42	0.06	nd
T7	0–20	39.1	0.12	10.01	65	0.08	0.09	0.55	nd	0.20	0.08	nd
	20–30	50.0	0.10	18.04	71.1	0.08	0.12	0.54	nd	0.24	0.06	nd
	30–40	55.5	0.11	16.40	68.8	0.10	0.12	0.54	nd	0.30	0.07	nd
T8	0–20	47.7	0.12	10.92	34.2	0.14	0.18	0.57	nd	0.26	0.08	nd
	20–30	45.6	0.10	12.18	53.1	0.10	0.15	0.56	nd	0.28	0.07	nd
	30–40	48.1	0.11	9.00	51.9	0.10	0.12	0.56	nd	0.31	0.07	nd
T9	0–20	29.1	0.40	78.03	50	0.12	0.91	0.57	0.12	0.58	0.40	0.63
	20–30	33.3	0.28	47.83	50.8	0.14	0.88	0.56	0.10	0.58	0.28	0.58
	30–40	41.0	0.23	40.62	55	0.36	0.40	0.56	0.06	0.44	0.16	0.22

nd not detected

Table 3 Results of the correlation analysis made with soil data (Table 2)

	CaCO ₃	K	P	Fe	Mg	Mn	N
K	-0.434*						
P	-0.095	0.609***					
Fe	-0.176	0.509**	0.341				
Mg	0.228	0.416*	0.204	0.282			
Mn	-0.371*	0.821***	0.626***	0.305	0.315		
N	-0.215	0.552**	0.468**	0.453**	0.229	0.561**	
Na	-0.029	0.342	0.097	0.362*	0.358*	0.194	0.312

The correlation coefficient (r) is shown for pairs of nutrients

* $P < 0.05$; ** $P < 0.01$;

*** $P < 0.001$; $n = 33$

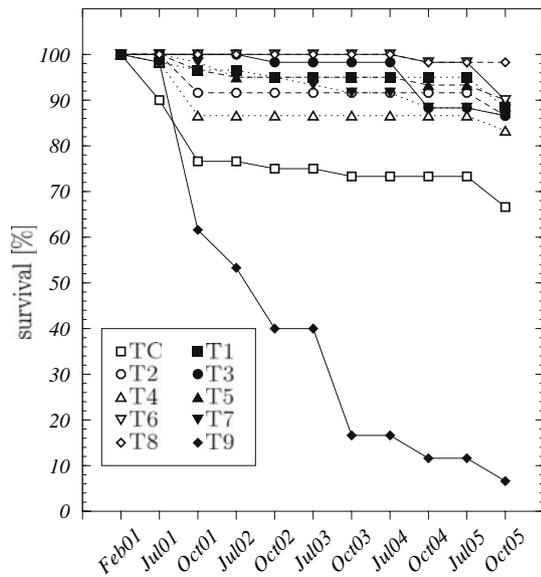


Fig. 2 Evolution of seedling survival over time for each of the treatments

Table 4 Statistical analysis conducted with the survival data at the end of the study period, by the limit product of Kaplan–Meier (Logrank Test), for all the treatments with respect to control

T1	$\chi^2 = 7.63; P = 0.005$
T2	$\chi^2 = 6.30; P = 0.012$
T3	$\chi^2 = 6.67; P = 0.009$
T4	$\chi^2 = 3.93; P = 0.047$
T5	$\chi^2 = 9.02; P = 0.002$
T6	$\chi^2 = 9.60; P = 0.001$
T7	$\chi^2 = 5.26; P = 0.021$
T8	$\chi^2 = 19.5; P < 0.000$
T9	$\chi^2 = 42.2; P < 0.000$

among the treatments with the lowest values in Mg, Na, Mn, Cu, and Fe. Meanwhile, T9 presented the lowest Zn concentration, whereas T4 had the highest values in N and was one of the treatments with the highest values for Ca, K, Na, Mn, and Zn. T8 registered the highest K concentration and among the highest values in P and Cu. The highest Cu concentration appeared in T9.

In January 2005, however, the N, K, Ca, Na, and Fe concentrations were found to be highest in T7. Also, T3 presented high concentrations for P, K, and Cu. T9 had the highest value in Zn. The lowest P and N concentrations were measured in TC, while T1 had the lowest values in K, Na, Mn, Cu, and Zn.

The analysis of variance for the factor ‘‘year’’ (Table 7) showed significant differences for all the nutrients except for K, Mg, Mn, and Zn. All the nutrients decreased in the sample of January 2005 with respect to the previous measurement, except for N, Cu, and Zn.

Nutrient pool and effectiveness

The quotient between the nutrient pools P for the different treatments and the nutrient pools for the control treatment P_C is presented in Fig. 3 for the different nutrients.

The pool of nutrients in each treatment did not vary notably with respect to the results for the nutrient content presented in Table 6. The treatments presenting the highest and lowest pool values in the 2004 sampling were the same showing the highest and lowest nutrient concentration, except in N, for which T6 and T5 presented the highest pool (Fig. 3), T4 registering the highest concentration (Table 6). In the 2005 sample, differences were found in N, Mg, and Cu. The greatest N pool was presented by T2 and T7.

Table 5 Mean values $\pm \sigma$ for the attribute leaf area ($\text{cm}^2/\text{seedling}$) in October 2003, 2004, and 2005

Treatments	October 2003 ($N = 266$)	October 2004 ($N = 277$)	October 2005 ($N = 275$)	P
TC ($N = 85$)	$321.9 \pm 0.7\text{abA}$	$332.6 \pm 1.4\text{cB}$	$328.8 \pm 2.2\text{eB}$	<0.001
T1 ($N = 87$)	$319.5 \pm 2.3\text{abA}$	$338.5 \pm 1.9\text{bcB}$	$337.0 \pm 3.4\text{cdeB}$	<0.001
T2 ($N = 86$)	$326.4 \pm 5.4\text{abA}$	$343.4 \pm 2.4\text{bB}$	$336.2 \pm 3.2\text{cdeAB}$	0.009
T3 ($N = 89$)	$322.7 \pm 2.8\text{abA}$	$343.0 \pm 1.6\text{bcB}$	$347.2 \pm 2.3\text{abcB}$	<0.001
T4 ($N = 87$)	$319.2 \pm 0.5\text{abA}$	$340.2 \pm 2.9\text{bcB}$	$351.2 \pm 2.4\text{abC}$	<0.001
T5 ($N = 90$)	$326 \pm 0.5\text{abA}$	$340.2 \pm 2.9\text{bcB}$	$330.8 \pm 2.7\text{deA}$	<0.001
T6 ($N = 89$)	$331.6 \pm 6.3\text{aA}$	$344.1 \pm 2.7\text{bA}$	$343.3 \pm 3.1\text{abcdA}$	0.075
T7 ($N = 87$)	$318.0 \pm 0.4\text{bA}$	$335.9 \pm 1.7\text{bcB}$	$341.1 \pm 2.7\text{bcdeB}$	<0.001
T8 ($N = 90$)	$322.4 \pm 1.1\text{abA}$	$354.9 \pm 2.8\text{aB}$	$356.1 \pm 3.5\text{aB}$	<0.001
T9 ($N = 28$)	$318.4 \pm 0.5\text{abB}$	$327.0 \pm 2.5\text{bcC}$	$272.2 \pm 2.8\text{fA}$	<0.001
P	0.040	<0.001	<0.001	

Different lower-case letters indicate different significance levels with respect to the treatment factor, and different upper-case letters indicate the significant differences with respect to the factor time ($P < 0.05$). The Tukey-test was applied. N indicates the total number of alive plants in each sampling period

Table 6 Concentrations of leaf nutrients $\pm \sigma$ in the samples collected in January 2004 and 2005 for each of the treatments

Treatments	Macronutrients (mg g^{-1} dw)														
	N			P			K			Ca			Mg		
	2004	2005	2004	2005	2004	2005	2004	2005	2004	2005	2004	2005	2004	2005	
TC	23.16 \pm 0.49	12.72 \pm 0.27	1.17 \pm 0.03	0.45 \pm 0.01	1.65 \pm 0.05	1.58 \pm 0.05	14.16 \pm 1.78	10.46 \pm 1.31	2.20 \pm 0.15	2.22 \pm 0.15					
T1	24.77 \pm 0.53	25.45 \pm 0.54	0.87 \pm 0.02	0.67 \pm 0.01	1.54 \pm 0.05	1.05 \pm 0.03	14.39 \pm 1.81	8.87 \pm 1.11	3.48 \pm 0.24	2.29 \pm 0.16					
T2	22.63 \pm 0.48	39.43 \pm 0.84	0.91 \pm 0.02	0.65 \pm 0.01	1.77 \pm 0.06	1.12 \pm 0.04	15.68 \pm 1.91	11.09 \pm 1.39	2.69 \pm 0.19	2.20 \pm 0.15					
T3	22.26 \pm 0.47	28.34 \pm 0.60	0.80 \pm 0.02	0.68 \pm 0.01	2.05 \pm 0.07	1.91 \pm 0.06	14.56 \pm 1.83	7.63 \pm 0.96	3.57 \pm 0.25	1.85 \pm 0.13					
T4	25.83 \pm 0.55	25.66 \pm 0.55	0.87 \pm 0.02	0.65 \pm 0.01	1.86 \pm 0.06	1.43 \pm 0.05	18.20 \pm 2.29	9.04 \pm 1.14	2.11 \pm 0.15	2.29 \pm 0.16					
T5	25.62 \pm 0.55	28.77 \pm 0.61	0.98 \pm 0.02	0.55 \pm 0.01	1.82 \pm 0.06	1.61 \pm 0.05	15.00 \pm 1.89	7.07 \pm 0.89	2.38 \pm 0.16	2.13 \pm 0.15					
T6	25.72 \pm 0.55	34.55 \pm 0.74	0.94 \pm 0.02	0.57 \pm 0.01	1.69 \pm 0.06	1.40 \pm 0.05	14.65 \pm 1.84	6.86 \pm 0.86	2.11 \pm 0.15	2.11 \pm 0.15					
T7	22.38 \pm 0.48	45.05 \pm 0.96	0.83 \pm 0.02	0.58 \pm 0.01	1.66 \pm 0.05	1.76 \pm 0.06	13.66 \pm 1.72	9.89 \pm 1.24	1.87 \pm 0.13	2.05 \pm 0.14					
T8	24.41 \pm 0.52	27.99 \pm 0.60	1.02 \pm 0.02	0.50 \pm 0.01	2.50 \pm 0.08	1.28 \pm 0.04	14.25 \pm 1.79	7.04 \pm 0.88	1.81 \pm 0.13	2.25 \pm 0.16					
T9	24.23 \pm 0.52	39.13 \pm 0.83	0.90 \pm 0.02	0.46 \pm 0.01	1.74 \pm 0.06	2.43 \pm 0.08	18.63 \pm 2.34	4.82 \pm 0.61	2.50 \pm 0.17	2.15 \pm 0.15					

Treatments	Micronutrients ($\mu\text{g g}^{-1}$ dw)														
	Na			Mn			Cu			Fe			Zn		
	2004	2005	2004	2005	2004	2005	2004	2005	2004	2005	2004	2005	2004	2005	
TC	284.87 \pm 18.23	105.00 \pm 6.72	24.16 \pm 0.53	30.07 \pm 0.67	3.74 \pm 0.55	12.48 \pm 1.85	551.76 \pm 33.46	290.36 \pm 17.61	16.86 \pm 1.40	33.32 \pm 2.76					
T1	320.75 \pm 20.52	85.59 \pm 5.48	26.96 \pm 0.60	24.13 \pm 0.53	5.42 \pm 0.80	12.06 \pm 1.78	468.01 \pm 28.38	286.81 \pm 17.39	13.50 \pm 1.12	27.92 \pm 2.31					
T2	406.38 \pm 26.00	123.01 \pm 7.87	36.53 \pm 0.81	27.24 \pm 0.60	6.05 \pm 0.90	11.43 \pm 1.69	923.26 \pm 55.98	493.53 \pm 29.93	13.10 \pm 1.08	32.72 \pm 2.71					
T3	411.26 \pm 26.32	113.89 \pm 7.29	25.52 \pm 0.56	24.17 \pm 0.53	5.31 \pm 0.79	12.77 \pm 1.89	350.82 \pm 21.27	278.67 \pm 16.90	41.55 \pm 3.44	27.54 \pm 2.28					
T4	406.58 \pm 26.02	104.01 \pm 6.66	31.07 \pm 0.69	27.00 \pm 0.60	5.50 \pm 0.81	12.82 \pm 1.90	370.06 \pm 22.44	304.87 \pm 18.49	34.37 \pm 2.85	29.46 \pm 2.44					
T5	324.24 \pm 20.75	185.99 \pm 11.90	30.73 \pm 0.68	28.18 \pm 0.62	5.32 \pm 0.79	12.44 \pm 1.84	580.31 \pm 35.19	282.19 \pm 17.11	46.79 \pm 3.87	28.77 \pm 2.38					
T6	319.72 \pm 20.46	187.04 \pm 11.97	24.67 \pm 0.55	23.86 \pm 0.53	5.19 \pm 0.77	12.29 \pm 1.82	643.00 \pm 38.99	247.10 \pm 14.98	26.00 \pm 2.15	28.23 \pm 2.34					
T7	294.21 \pm 18.43	190.13 \pm 12.17	20.68 \pm 0.46	25.60 \pm 0.57	5.19 \pm 0.77	12.35 \pm 1.83	435.80 \pm 26.43	373.24 \pm 22.63	23.25 \pm 1.93	30.73 \pm 2.54					
T8	348.93 \pm 22.33	199.34 \pm 12.76	17.69 \pm 0.39	16.30 \pm 0.36	6.71 \pm 0.99	12.71 \pm 1.88	495.10 \pm 30.02	356.53 \pm 21.62	17.13 \pm 1.42	29.06 \pm 2.41					
T9	407.86 \pm 26.10	246.69 \pm 15.79	26.08 \pm 0.58	24.83 \pm 0.55	7.39 \pm 1.09	11.83 \pm 1.75	340.38 \pm 20.64	333.10 \pm 20.20	12.09 \pm 1.00	67.24 \pm 5.57					

Table 7 Mean values $\pm \sigma$ of each of the nutrients studied in the leaf analyses, in the two sampling periods for all the treatments

Year	Macronutrients (mg g ⁻¹ dw)				
	N*	P	K	Ca	Mg*
2004	24.10 \pm 0.44a	4.28 \pm 0.20a	1.82 \pm 0.08a	15.3 \pm 0.54a	2.4 \pm 0.19a
2005	30.70 \pm 2.90b	2.90 \pm 0.13b	1.55 \pm 0.12a	8.27 \pm 0.61b	2.1 \pm 0.04a
<i>F</i>	10.5	655	3.03	74	0.75
<i>df</i>	1	1	1	1	1
<i>P</i>	0.004	0.000	0.090	0.000	0.390

Year	Micronutrients ($\mu\text{g g}^{-1}$ dw)				
	Na	Mn	Cu*	Fe*	Zn
2004	352.4 \pm 16a	26.4 \pm 1.70a	5.6 \pm 0.30a	515.8 \pm 55.3a	24.4 \pm 39.5a
2005	154.0 \pm 17b	25.1 \pm 1.17a	12.3 \pm 0.13b	324.6 \pm 22.3b	33.4 \pm 38.5a
<i>F</i>	71.7	0.38	54.5	16.7	2.71
<i>df</i>	1	1	1	1	1
<i>P</i>	<0.000	0.540	<0.000	<0.000	0.116

Different letters indicate the significant differences between sampling periods (**P* < 0.05). Tukey’s test or the Kruskal–Wallis nonparametric test (*) was run when the Bartlett test of variance equality was failed

Fig. 3 Ratio between the nutrient pools *P* for the different treatments and the nutrient pools for the control treatment *P_C* for the different nutrients. Open squares and filled squares correspond to the 2004 and 2005 sampling period

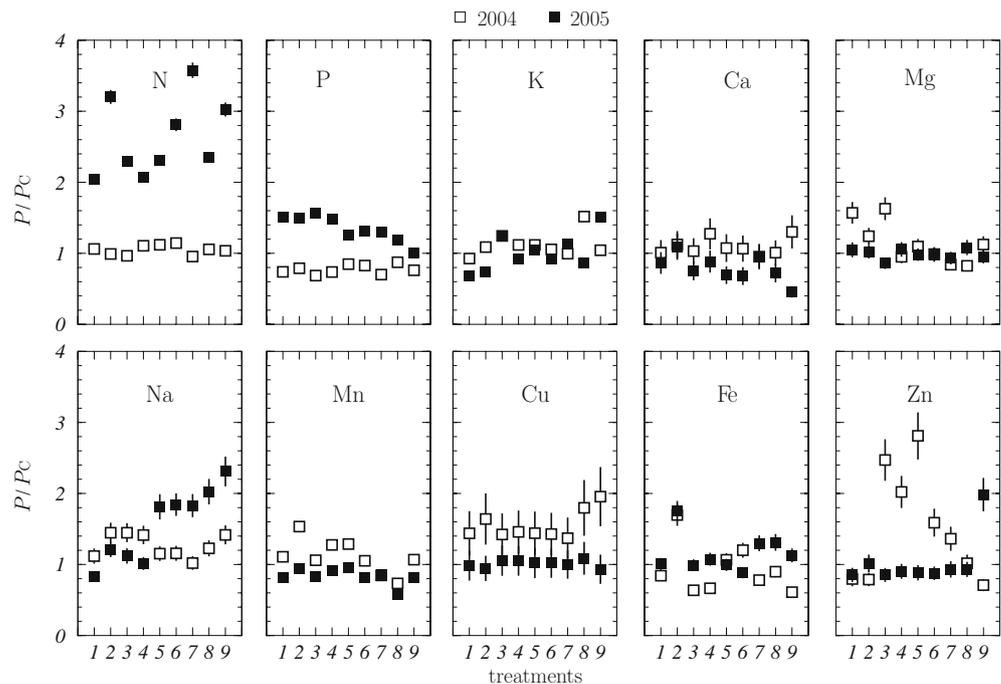


Figure 4 shows the effectiveness for the different treatments and nutrients considered in this experiment. Therein, the values (including the respective uncertainties) corresponding to the control treatment have been plotted as grey bands.

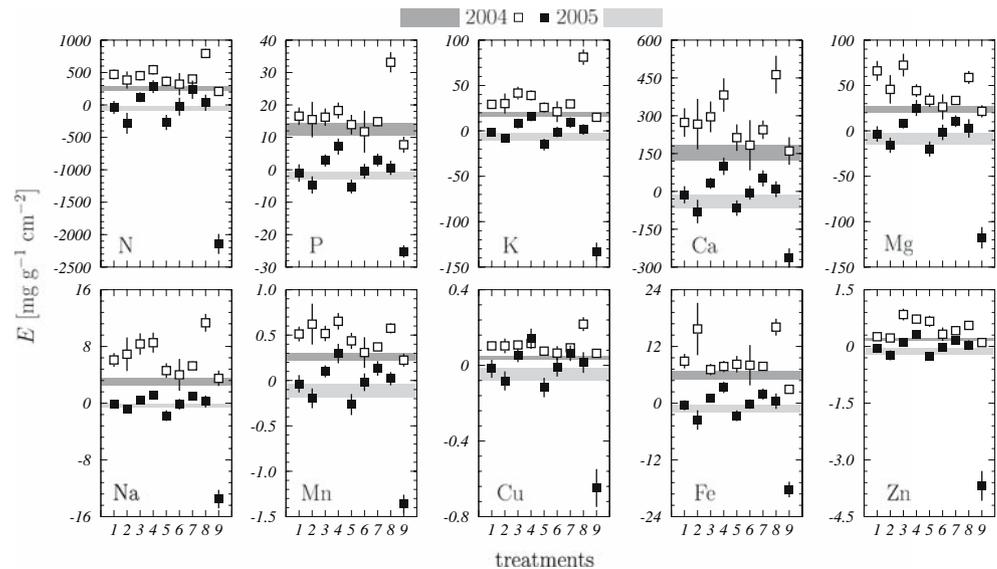
In 2004, the most effective treatments in the use of nutrients were T8, T4, and T3. The least effective was T9 for all the elements, except for Na and Cu, for which the least effective was TC (Fig. 4). During 2005, the most effective treatment for nutrient utilization was T4 for all

the elements, followed by T7 and T3. The least effective was T9, followed by T5 and T2.

Discussion

All the treatments increased the percentage of seedling survival with respect to the control treatment, except for the mulch of solid urban wastes, which resulted in low survival. According to Fig. 2, the seedlings establishment

Fig. 4 Effectiveness for the different treatments and nutrients considered in this experiment. *Open squares* and *filled squares* correspond to the 2004 and 2005 sampling period. The *dark grey bands* and *clear grey bands* indicate the 2004 and 2005 effectiveness for the control treatment including its uncertainty



occurred by the end of 2001, except in the case of the solid urban waste treatment. In this period temperatures and precipitations were the common ones in the region. The results for the survival found with the control treatment are very similar to those found by other authors under different climate conditions and for various seedling sizes (Baeza et al. 1991; Bocio et al. 2004; Cortina et al. 2004; Del Campo and Navarro 2004; Fuentes et al. 2004), but the post-planting treatments originated a larger survival rate.

The results found in those treatments without irrigation seem to indicate that the foliar nutrient concentration in Holm oak is related to the precipitation in the period prior to the sampling (October–January). The quantity of water registered in the period October 2003 to January 2004 was notably higher than in the same period the following year. Furthermore, it should be taken into account that the treatments T5, T6, T7, and T8 received one or several dry-season waterings in the summer of 2003, which were not applied in the summer of 2004 or 2005. This lack of irrigation and the extreme climatic conditions of the autumn–winter of 2004–2005 are two relevant factors to explain the lower nutrient concentrations for these treatments in January 2005.

However, in both years, the N concentration was greater than reported by most authors studying Holm oak (Cornelissen et al. 1997; Alfani et al. 2000; Rapp et al. 1999; Bussotti et al. 2000, 2003; Villar-Salvador et al. 2004) and other species of the same genus (Papatheodorou and Stamou 2004). On the other hand, these results were similar to those of Silla and Escudero (2003) and Valladares et al. (2000), who had a sampling season similar to ours. Silla and Escudero (2003) observed that, during the period prior to sprouting, the plants usually accumulate nutrients to meet the needs of spring growth. The increase in N in dry years, when the analysis is made in the period preceding

the growth stage, as in our case, has been explained by Chapin (1980) as a preparation of the plant for spring growth under unfavourable conditions. In addition, Rapp et al. (1999) noted that *Quercus* species under conditions of low nutrient availability store nutrients in perennial organs.

During the two sampling years, the treatments that presented the highest N concentrations (Table 6) or the greatest pools (Fig. 3) were not those that showed the greatest effectiveness (Fig. 4). Similar results have been documented by Silla and Escudero (2003), relating nutrient content with biomass increase.

The K concentrations were far lower than those reported by other authors (Cornelissen et al. 1997; Rapp et al. 1999; Valladares et al. 2000; Papatheodorou and Stamou 2004), and even less than required for an optimal growth of most plants (Marschner 1986). This could be due to the high Ca concentrations in the soil solution (Papatheodorou and Stamou 2004). In fact, the correlation between the exchangeable-K content and the calcium carbonate in the soil (Table 3) proved significant and negative. Only T8 in the 2004 sampling, and T9 in the 2005 sampling presented values similar to those of Bussotti et al. (2003) and Villar-Salvador et al. (2004), probably because in both cases the sampling period (November and February, respectively) and the soil characteristics resemble those of the present study more than those of other studies.

The P content values in the 2004 sampling were similar to those reported by other authors for Holm oak, and for other species of the same genus (Cornelissen et al. 1997; Rapp et al. 1999; Valladares et al. 2000; Bussotti et al. 2003; Papatheodorou and Stamou 2004). However, in the 2005 sampling, the values were lower than those found by these authors. Many studies (Rapp et al. 1999; Berger and Glatzel 2001; Zas and Serrada 2003; Papatheodorou and

Stamou 2004) refer to the interference in nutrient availability in calcareous soils, especially for P and K.

The decline in the Ca content during the 2005 sampling could be ascribed to a lower availability of this element in the soil solution, due to lower rainfall. The decrease in P, observed this same year, was due presumably to the lower solubility of the P–Ca compounds frequent in limestone media. A similar explanation applies to results for Fe and Mn contents, which are highly available in acid media (Rapp et al. 1999).

The Na concentration, also closely related to water availability, was very high in the 2004 sampling but declined in the 2005 sampling, presenting values situated in the interval established by Alfani et al. (2000) for species inhabiting nonpolluted sites, and similar to values reported by Bussotti et al. (2003) in February. The data of Bussotti et al. (2000) also coincide, including the high variation between years.

The values for Mg followed a pattern opposite that of Ca. The antagonism between Ca and Mg in plants is very common (Papatheodorou and Stamou 2004). The values found were similar to those reported by other authors (Bussotti et al. 2000, 2003) and higher than those of Rapp et al. (1999).

Our Zn and Cu values varied between treatments and years, ranging between those indicated by other authors (Alfani et al. 2000; Bussotti et al. 2003; Sardans and Peñuelas 2005b). In the 2005 sampling, the Cu concentration increased considerably in all treatments.

In the 2004 sampling, the greater effectiveness in the nutrient use appeared in the treatment with periodic dry-season irrigation, although in the 2005 sampling it registered a much lower value, even lower than that observed in the treatment with irrigation to shorten the drought period. The rest of the treatments with irrigation showed very low effectiveness values for 2004 and negative for 2005. As indicated by Rey-Benayas (1998), watering can boost effectiveness in reforestation in a Mediterranean environment, but our results seem to indicate that when the irrigation is periodic or is applied at the end of the dry period, it achieves a greater effectiveness. Nevertheless, the irrigation at the beginning of summer or in the period of greatest drought stress, when the high temperatures provoked high evaporation, was not so effective.

The soil cover formed from the application of boulders around the trees proved very effective in both years (apparently for preserving moisture), especially in 2005, when climate conditions were more unfavourable. The treatment with forest debris also presented good results. However, the treatment with solid urban waste, although presenting greater nutrient concentrations in the soil, was less effective and furthermore presented the lowest survival percentage, even lower than TC.

These values appear to indicate that water availability is the most determining factor in plant growth, so that when the supply is continuous or the soil is protected against intense evaporation, the result is greater nutrient pool and more effectiveness. Despite the fact that T9 protects the soil, there was great development of herbaceous vegetation in the planting bed, reducing water availability and even affecting survival, though other factors associated to this treatment (pathogenic, chemical substances, etc.) could be important and deserve a future analysis. Interspecific competition can strongly affect plant development (Harper 1977; Begon et al. 1999) especially in Mediterranean ecosystems due to irregular water availability (Trabaud 1994).

In the 2004 sampling, tilling at the beginning of planting or during the 2 years afterwards proved more effective than TC, with values very similar to those for treatments with covers of boulders or forest debris. However, in the 2005 sampling, the effectiveness was very similar or lower than that of TC. The elimination of the undergrowth in the planting bed and the formation of an extremely dry layer that formed a physical crust on the surface enabled greater water availability while reducing evaporation (López-Alonso 2001; Schiettecatte et al. 2005), thereby augmenting the water reserves available and resulting in effective seedling development. However, when the precipitation was very low, this treatment greatly reduced the effectiveness of the nutrient contents.

Conclusions

The use of the foliar nutrient concentration together with the increase in leaf surface is proposed as a non-destructive method to provide information on the development and evolution of forestation stands.

The effectiveness of the utilization of nutrients by Holm oak seedlings is closely related to the water supply in the period previous to the analysis. If the supply is continuous, the treatment shows a high effectiveness, but when the supply is eliminated and the conditions are unfavourable, effectiveness diminishes. The occasional waterings applied at the onset of summer or in the period of greatest drought stress do not increase effectiveness.

The cover formed by composted solid urban wastes, despite the increase in nutrient content in the soil, did not translate as greater effectiveness due to the competition with undergrowth plants.

The treatments that reduce evaporation, such as the application of forest debris, and especially the placement of boulders in the planting bed around the seedling, proved the most effective treatments for plant development.

References

- Albaladejo J, Castillo V, Diaz E (2000) Soil loss and runoff in semiarid conditions as influenced by organic amendment with urban solid refuse. *Land Degrad Dev* 11:363–374
- Alfani A, Baldantoni D, Maisto G, Bartoli G, Virzo De Santo A (2000) Temporal and spatial variation in C, N, S and trace element contents in the leaves of *Quercus ilex* within the urban area of Naples. *Environ Pollut* 109:119–129
- Alloway BJ (1995) The origins of heavy metals in soils. In: Alloway BJ (ed) *Heavy metals in soils*, 2nd edn. Blackie Academic and Professional, UK, pp 45–48
- d'Amaral Franco J (1983) *Quercus*. In: Castroviejo S, Laínz M, López G, Monserrat P, Paiva J, Villar L (eds) *Flora iberica*, vol II. CSIC, Madrid, pp 15–20
- Aschmann H (1984) A restrictive definition of Mediterranean climates. *Bull Soc Bot Fr* 131:21–30
- Baeza MJ, Pastor A, Martín J, Ibáñez M (1991) Mortalidad post-implantación en repoblaciones de *Pinus halepensis*, *Quercus ilex*, *Ceratonia siliqua* y *Tetraclinis articulata* en la provincia de Alicante. *Studia Oecol* 8:139–146
- Begon M, Harper JL, Townsend CK (1999) *Ecology, individuals, populations and communities*, 3rd edn. Blackwell, Oxford
- Berger TW, Glatzel G (2001) Response of *Quercus petraea* seedlings to nitrogen fertilization. *For Ecol Manage* 149:1–14
- Bocio I, Navarro FB, Ripoll MA, Jiménez MN, De Simón E (2004) Holm oak (*Quercus rotundifolia* Lam.) and Aleppo pine (*Pinus halepensis* Mill.): response to different soil preparation techniques applied to forestation in abandoned farmland. *Ann For Sci* 61:171–178
- Bussotti F, Borghini F, Celesti C, Leonzio C, Bruschi P (2000) Leaf morphology and macronutrients in broadleaved trees in central Italy. *Trees* 14:361–368
- Bussotti F, Borghini F, Celesti C, Leonzio C, Cozzi A, Bettini D, Ferretti M (2003) Leaf shedding, crown condition and element return in two mixed Holm oak forests in Tuscany, central Italy. *For Ecol Manage* 176:273–285
- Cañellas I, Bachiller A, Del Río M, Roig S, Montero G (2004) Efectos de la fertilización orgánica y mineral en el arraigo y desarrollo de especies mediterráneas durante los primeros años de la plantación. *Cuad Soc Esp Cienc For* 17:139–143
- Casadesús J, Tambussi E, Royo C, Araus JL (2000) Growth assessment of individual plants by an adapted remote sensing technique. *Options Méditerran* 40:129–132
- Castillo VM, Adbaladejo J, Roldán A, Querejeta JI (2004) La utilización de los residuos orgánicos en la restauración forestal: el uso de residuos sólidos urbanos. In: Vallejo VR, Alloza JA (eds) *Avances en el estudio de la gestión del monte Mediterráneo* Fundación CEAM, Generalitat Valenciana, pp 283–312
- Chapin FS (1980) The mineral nutrition of wild plants. *Annu Rev Ecol Syst* 11:233–260
- Chapman HD (1965) Cation-exchange capacity. In: Blank CA, Evans DD, White JL, Ensminger LE, Clark FE (eds) *Methods of soil analysis* (vol II). American Society of Agronomy, Madison, pp 891–901
- Cierjacks A, Heslen I (2004) Variation of stand structure and regeneration of Mediterranean Holm oak along a grazing intensity gradient. *Plant Ecol* 173(2):215–223
- Cornelissen JHC, Werger MJA, Castro-Díez P, Van Rheenen JWA, Rowland AP (1997) Foliar nutrients in relation to growth, allocation and leaf traits in seedlings of a wide range of woody plant species and types. *Oecologia* 111:460–469
- Cortina J, Bellot J, Vilagrosa A, Caturla RN, Maestre FT, Rubio E, Ortíz De Urbina JM, Bonet A (2004) Restauración en semiárido. In: Vallejo VR, Alloza JA (eds) *Avances en el estudio de la gestión del monte Mediterráneo*. Fundación CEAM, Valencia, pp 345–406
- Debazac EF (1983) Temperate broad-leaved evergreen forests of the Mediterranean Region and Middle East. In: Ovington JD (ed) *Temperate broad-leaved evergreen forests*. Elsevier, Amsterdam, pp 107–123
- Del Campo AD, Navarro R (2004) Stoktypes quality of Holm oak (*Quercus ilex* L. subsp. *ballota* (Desf.) Samp.) seedlings from different nurseries. Evaluation of field performance. *Cuad Soc Esp Cienc For* 17:35–42
- Delgado MM, Miralles de Imperial R, Porcel MA, Beltrán EM, Beringola L, Martín JV, Bigeriego M (2002) Ensayo sobre el efecto como fertilizante del compost de lodo y del RSU, para su empleo en la reforestación de tierras agrarias. *Montes* 67:54–58
- De Simón E (1990) Restauración de la vegetación en cuencas mediterráneas: repoblaciones en zonas áridas. *Ecología Fuera de Serie* 1:401–427
- De Simón E, Bocio I, Ripoll MA, Navarro FB, Jiménez MN, Gallego E (2004) Microcuencas: una técnica de preparación del suelo aplicada a la forestación de tierras agrarias. In: *Forestación en paisajes agrarios* (ed) Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía, Sevilla, pp 95–118
- FAO-ISRIC (1998) *Base Referencial Mundial del recurso del suelo*. FAO, Roma
- Fuentes D, Valdecantos A, Vallejo VR (2004) Planting *Pinus halepensis* Mill. and *Quercus ilex* L. subsp. *ballota* (Desf.) Samp. seedlings in dry mediterranean environments with a water harvesting technique. *Cuad Soc Esp Cienc For* 17:157–161
- Glaud JC, Gouleke GG (1989) Municipal organic wastes and composts for arid areas. *Arid Soil Res Rehab* 3:171–184
- Gómez V, Elena R (1997) Investigación de las marras causadas por factores ecológicos de naturaleza meteorológica. *Cuad SECF* 4:13–25
- Harper J (1977) *Population biology of plants*. Academic, London
- Ingstad T (1987) New concepts on soil fertility and plant nutrition as illustrated by research on forest trees and stands. *Geoderma* 40:237–252
- Jiménez MN, Ripoll MA, Navarro FB, Bocio I, De Simón E (2004) Modificación del microclima edáfico producido por riegos en forestaciones de zonas semiáridas. *Invest Agrar Sist Recur For* (Fuera de serie) 142–151
- Joffre R, Rambal S, Damesin C (1999) Functional attributes in Mediterranean-type ecosystems. In: Puignaire FI, Valladares F (eds) *Handbook of functional plant ecology*. Marcel Dekker, New York, pp 347–380
- López-Alonso R (2001) Consideraciones acerca de los límites de aplicación del método del número de curva del Soil Conservation Service. *Ciencia Técnica* 66:92–97
- Luyssaert S, Sulkana M, Raitio H, Hollmén J (2004) Evaluation of forest nutrition based on large-scale foliar surveys: are nutrition profiles the way of the future? *J Environ Monit* 6:160–167
- Marschner H (1986) *Mineral nutrition of higher plants*. Academic, London
- Martínez F, Casermeiro MA, Morales D, Cuevas G, Walter I (2003) Effects on run-off water quantity and quality of urban organic wastes applied in a degraded semi-arid ecosystem. *Sci Total Environ* 305:13–21
- Matney TG, Hodges JD (1991) Evaluating regeneration success. In: Duryea ML, Dougherty PM (eds) *Forest regeneration manual*. Kluwer, Dordrecht, pp 321–331
- Navarro R, Frangueiro B, De Prado R, Díaz JL, Guzmán R (2004) Técnicas de conservación del suelo en forestaciones de terrenos agrícolas. In: Fernández P, González EJ, Martínez A, Navarro R (eds) *Mantenimiento y Conservación del Suelo en Forestaciones Agrarias*. Asociación Española Agricultura de Conservación/Suelos Vivos, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos

- mos y de Montes de la Universidad de Córdoba, Córdoba, pp 41–73
- Olsen SR, Sommers LE (1982) Phosphorus. In: Page DL (ed) Methods of soil analysis. Chemical and microbiological properties. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, pp 403–430
- Papatheodorou EM, Stamou GP (2004) Nutrient attributes of tissues in relation to grazing in an evergreen sclerophyllous shrub (*Quercus coccifera* L.) dominating vegetation in Mediterranean-type ecosystems. *J Arid Environ* 59:217–227
- Pemán JR, Navarro R (1998) Repoblaciones forestales. Eines 24, Universidad de Llída, pp 399
- Pérez C (1998) Métodos estadísticos con statgraphics para windows: técnicas básicas. Ra-ma, Madrid, p 705
- Querejeta JL, Roldán A, Albaladejo J, Castillo V (2001) Soil water availability improved by site preparation in a *Pinus halepensis* afforestation under semiarid climate. *For Ecol Manage* 149:115–128
- Ramos JL (1981) Repoblaciones. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, Madrid, p 320
- Rapp M, Santa Regina I, Rico M, Gallego HA (1999) Biomass, nutrient content, litterfall and nutrient return to the soil in Mediterranean oak forests. *For Ecol Manage* 119:39–49
- Retana J, Espelta J M, Gracia M, Riba M (1999) Seedling recruitment. In: Rodá F, Gracia CA, Bellot J (eds) Ecology of Mediterranean evergreen oak forest. Springer, Berlín, pp 89–103
- Rey JM, Camacho A (2004) Performance of *Quercus ilex* saplings planted in abandoned Mediterranean cropland after long-term interruption of their management. *For Ecol Manage* 194:223–233
- Rey-Benayas JM (1998) Growth and mortality in *Quercus ilex* L. seedlings after irrigation and artificial shading in Mediterranean set-aside agricultural lands. *Ann Sci For* 55:801–807
- Ripoll MA (2004) Aprovechamiento de escorrentías superficiales mediante la construcción de microcuencas: aplicación a la forestación en ambientes mediterráneos. Tesis doctoral (inédito). Universidad de Granada
- Rivas-López MJ, López J (2000) Análisis de supervivencia. La Muralla S.A., Madrid, p 95
- Rivas-Martínez S, Loidi J (1999) Bioclimatology of the Iberian Peninsula. *Itinera Geobot* 13:41–47
- Rodó X, Comín F (2001) Fluctuaciones del clima mediterráneo: conexiones globales y consecuencias regionales. In: Zamora R, Puignaire F (eds) Ecosistemas Mediterráneos: análisis funcional. Simposio de la Sociedad Española de Ecología Terrestre, Granada, pp 1–35
- Sardans J, Peñuelas J (2004) Phosphorus limitation and competitive capacities of *Pinus halepensis* and *Quercus ilex rotundifolia* on different soils. *Plant Ecol* 174:307–319
- Sardans J, Peñuelas J (2005a) Drought decreases soil enzyme activity in a Mediterranean *Quercus ilex* L. forest. *Soil Biol Biochem* 37:455–461
- Sardans J, Peñuelas J (2005b) Trace element accumulation in the moss *Hypnum cupressiforme* Hedw. and the trees *Quercus ilex* L. and *Pinus halepensis* Mill. in Catalonia. *Chemosphere* 60:1293–1307
- Schiettecatté W, Ouessar M, Gabriels D, Tanghe S, Heirnen S, Abdelli F (2005) Impact of water harvesting techniques on soil and water conservation: a case study on a microcatchments in southeastern Tunisia. *J Arid Environ* 61:297–313
- Serrada R (2000) Apuntes de repoblaciones forestales. Fundación Conde del Valle de Salazar, ETSI Forestal, Madrid, p 435
- Seva JP, Vilagrosa A, Valdecantos A, Cortina J, Vallejo VR, Bellot J (1996) Mycorrhization et application du compost urbain pour l'amélioration de la survie et de la croissance des semis de *Quercus ilex* ssp. *Ballota* en milieu sec. *Cah Options Méditerran* 20:105–121
- Seva P, Valdecantos A, Cortina J, Vallejo VR (2004) Diferentes técnicas de introducción de *Quercus ilex* ssp. *ballota* (Desf.) Samp.en zonas degradadas de la comunidad valenciana. *Cuad Soc Esp Cienc For* 17:233–238
- Silla F, Escudero A (2003) Uptake, demand and internal cycling of nitrogen in saplings of Mediterranean *Quercus* species. *Oecologia* 136:28–36
- Tenbergen B, Günster A, Schreiber KF (1995) Harvesting runoff: the minicatchment technique—an alternative to irrigated tree plantations in semiarid regions. *Ambio* 24(2):72–76
- Terradas J (1999) Holm oak and Holm oak forest: an introduction. In: Rodá F, Retana J, Gracia CA, Bellot J (eds) Ecology of Mediterranean evergreen oak forest. Springer, Berlín, pp 3–14
- Terradas J (2001) Ecología de la vegetación. De la Ecofisiología de las plantas a la dinámica de las comunidades y paisajes. Omega, Barcelona
- Trabaud L (1994) Postfire plant community dynamics in the Mediterranean basin. In: Moreno JM, Oechel C (eds) The role of fire in Mediterranean-type ecosystems. Springer, Berlin, pp 1–15
- UN-ECE (1994) Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. Programme Coordinating Centres, Hamburg and Prague. <http://www.Icp-Forests.org>
- Valdecantos A, Cortina J, Fuentes D, Casanova G, Díaz-Beltrana JM, Llavador F, Vallejo R (2002) Use of biosolids for reforestation in the Region of Valencia (E Spain). First results of a pilot project. *Bioprocess Solid Waste Sludge* 1(4):1–6
- Valdecantos A, Cortina J, Vallejo R (2006) Nutrient status and field performance of tree seedlings planted in Mediterranean degraded areas. *Ann For Sci* 63:249–256
- Valladares F, Martínez-Ferri E, Balaguer L, Pérez-Corona E, Manrique E (2000) Low leaf-level response to light and nutrients in Mediterranean evergreen oaks: a conservative resource-use strategy? *New Phytol* 148:79–91
- Vallejo R, Alloza JA (1998) The restoration of burned lands: the case of eastern Spain. In: Moreno JM (ed) Large forest fires. Backbuys, The Netherlands, pp 91–108
- Villar-Salvador P, Planelles R, Enríquez E, Peñuelas Rubira J (2004) Nursery cultivation regimes, plant functional attributes, and field performance relationships in the Mediterranean oak *Quercus ilex* L. *For Ecol Manage* 196:257–266
- Williams DE (1948) A rapid manometric method for the determination of carbonate in soils. *Soil Sci Am Proc* 13:27–129
- Zas R, Serrada R (2003) Foliar nutrient status and nutritional relationships of young *Pinus radiata* D.Don plantations in northwest Spain. *For Ecol Manage* 174:167–176

**2.2. EFECTO DEL TUBO
INVERNADERO SOBRE EL
ESTABLECIMIENTO Y CRECIMIENTO
DE PLÁNTULAS DE *JUNIPERUS
THURIFERA L. (CUPRESSACEAE)* EN
AMBIENTE SEMIÁRIDO
MEDITERRÁNEO**

Effect of shelter tubes on establishment and growth of *Juniperus thurifera* L. (Cupressaceae) seedlings in Mediterranean semi-arid environment

María Noelia JIMÉNEZ*, Francisco Bruno NAVARRO, María Ángeles RIPOLL, Inmaculada BOCIO, Estanislao DE SIMÓN

Departamento Forestal, Área de Recursos Naturales, Centro de Investigación y Formación Agraria, Instituto de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica de Andalucía, Camino de Purchil, s/no. Apto. 2027, 18080 Granada, Spain

(Received 15 July 2004, accepted 13 April 2005)

Abstract – This paper evaluates the growth and survival of *Juniperus thurifera* L. seedlings planted using or not the shelter tube Tubex® in Mediterranean semi-arid agricultural lands (S.E. Spain). Biometrical data were recorded on the plants in the field during two years and several seedlings were extracted by random at the end in order to measure additional morphological parameters related to root system. Micrometeorological measurements were collected on the experimental site to characterize the microclimate induced by the treeshelters. A survival level of 100% was registered inside and outside the shelter. However, an increment of absolute maximum temperature and an important reduction of radiation detected inside the shelter, could make the plants grow higher and to increase their foliage surface with a significant negative effect upon the root biomass, quantity of fine and thick roots, length of the main root and root collar diameter, which constitute the key for its survival in climates in which hydric resources are scarce and the plants are subjected to long periods of xericity. Therefore, the use of the shelter tubes seems inadvisable, at least in these environments and for species with these characteristics.

semi-arid / treeshelter / radiation / root biomass / *Juniperus thurifera*

Résumé – Effets des tubes protecteurs dans l'installation et la croissance des plants de *Juniperus thurifera* L. (Cupressaceae) dans des zones semi-arides méditerranéennes. Le présent travail évalue la croissance et la survie des plantules de *J. thurifera* plantées avec ou sans tube de protection Tubex® en terrains agricoles semi-arides méditerranéens (S.E. de l'Espagne). Les données biométriques utilisées dans cette étude ont été récoltées in situ durant deux années. À la fin de cette période, on a prélevé un échantillon des plants d'une manière aléatoire pour mesurer des paramètres morphologiques en relation avec les systèmes racinaires. On a pris des mesures micrométéorologiques dans les parcelles expérimentales pour caractériser le microclimat induit par les tubes protecteurs. La réponse des plants a été excellente, enregistrant un taux de survie de 100 % dans et en dehors du tube protecteur. Néanmoins, une augmentation de la température maximale absolue et une importante réduction de la radiation enregistrée dans le tube protecteur ont stimulé la croissance des plants et ont augmenté leur surface foliaire au détriment de la biomasse racinaire, de la quantité des racines fines et des grosses racines, de la longueur de la racine principale et du diamètre au collet. Ces paramètres constituent la base de la survie des plants dans les zones déficitaires en eau avec une large période de sécheresse. À partir de ces résultats, on ne recommande pas l'utilisation de ce type de tubes protecteurs au moins dans des régions similaires du point de vue climatique et pour les espèces qui ont les mêmes caractéristiques.

zones semi-arides / tube protecteur / radiation / biomasse racinaire / *Juniperus thurifera*

1. INTRODUCTION

In dry and semi-arid Mediterranean environments, one of the factors which most influences the success of the planting, is the quality of the plant [35, 42]. Plant quality is understood according to the combination of morphological and physiological characteristics which are quantitatively related to satisfactory plant performance in the field [13, 20, 51]. Apart from the meas-

urement parameters usually used to define the quality of the plant, such as height, root collar diameter, foliage biomass, etc., in diverse studies the importance of the root system following the transplant, has been highlighted as a decisive factor in plant rooting [17, 20, 30]. In semi-arid climates and soils that are water deficient, the quality of the plant will not only be related to the quality of its above-ground biomass, but also to the development of its roots, in which case, the root system may be a

* Corresponding author: noelia.jimenez.ext@juntadeandalucia.es

good indicator of the physiological condition of the plant. It is possible to relate strength and survival in the field, to the good root system in the nursery [52]. A profound, well developed root system may favour the establishment of seedlings in zones having semi-arid climatic conditions [10, 25].

There also exist other parameters and indexes, elaborated from the previous ones, which are recommended for studying plant quality. In this way, the relationship between the above and below ground biomass [47] expresses the balance between losses due to transpiration and the capacity to maintain gas exchange level through the leaves, and the absorption of water and nutrients through the roots. Plants with low values of this ratio survive much better than those which have high values, since they present a greater development of the absorption system with reference to transpiration. For *Pinus* sp., values between 1 and 2 are acceptable [20]. The narrowness index defined as the ratio between the above ground height and the root collar diameter [35], is useful in order to understand the plant's capacity to confront stress and to compete with the existing vegetation [50]. Dickson evaluated a combination of morphological parameters which exhibit an intricate correlation between them (height, diameter and weight) which describe the plants' state of health, and therefore predict the field behaviour of specific species [53, 56]. Plants with greater thickness and development of the root system, will have a high Dickson index value, presenting greater capacity for survival. The first objective of this study was to analyse these parameters and indexes in a batch of thuriferous juniper (*Juniperus thurifera* L.) seedlings and compare them with the standard values of quality proposed in the literature for other Mediterranean species such as *Pinus halepensis* Mill. [53] and *Olea europea* L. var. *sylvestris* (Mill.) Lehr [35].

Moreover, the incidence on the seedlings protected by treeshelter tubes (Tubex®) was contrasted during the two years of field development. Some authors affirm that this device provokes a reduction of the specific foliage area, increasing the index of narrowness, morphological disproportion and poor growth, reduction of transpiration, together with the added economic cost which is incurred by its use [2, 3, 16]. Numerous works, most of them in agro-forestry systems with warm, rainy climates confirm that the survival of seedlings is better with the shelter Tubex® than without it, although there are some exceptions, and that it is advantageous against herbivores, application of herbicides and excessive ramification [1, 7, 15, 26, 27, 54, 58]. However, its use in dry and semi-arid Mediterranean environments is controversial and has not been well verified, due to the high temperatures which increase within the shelter in summer (up to 60 °C, [32, 55]). There are also very few studies which analyse the effects produced on the plant's root system under these conditions [37].

J. thurifera is a species which has been very little used in forestry research, and nothing is known about its field performance apart from specific instances [46], perhaps because it is a species that grows relatively slowly. It must be planted with at least two years of nursery growth in order to ensure its survival (nurserymen, comm. pers.), which therefore increases its price in relation to other species of the *Pinus* or *Quercus* genus with only one year of growth, traditionally used in Mediterranean environments.

The reason for choosing *J. thurifera* for this study is that it would be useful for use in forestation of agrarian lands, forest repopulation, ecological restoration, xero-gardening, etc., as it presents good physiological adaptation to the cold and to hydric stress [43], which means that successful planting is achieved in places with extreme ecological conditions [36]. The thuriferous juniper forests ("sabinares") constitute authentic relics of the Tertiary period, which are of enormous ecological, paleobiogeographical and fitosociological interest. In this areas, protection, conservation and research activities must be priority actions [11, 21]. In addition to that, *J. thurifera* wood is highly appreciated for several purposes (cabinet making, carpentry, ...) because it is compact, incorruptible and aromatic, and moreover, it has a high economic value [12, 24, 39].

In the face of this situation, the following questions were put forward as the objective of this study: (1) Is the commercial plant of *J. thurifera* used in this investigation of good quality in relation to those proposed for other similar Mediterranean species? (2) What will be its response in the field? (3) What effect does the treeshelter produce on the physical parameters and on the seedlings in semi-arid Mediterranean conditions?

2. MATERIALS AND METHODS

The thuriferous juniper (*J. thurifera* L., *Cupressaceae*) is a dioecious tree or bush with a more or less pyramidal shape, which presents escumiform leaves and fruit of glaucous-green colour in its early stages, and black-purple on maturation [5, 14].

It is distributed throughout south and southeastern France, Italy (Alps), Corsica, Spain and North Africa [14]. There are two subspecies [19], *J. thurifera* L. subsp. *africana* (Maire) Gauquelin and *J. thurifera* L. subsp. *thurifera*. Of the latter, there are 3 varieties: var. *thurifera* on the Iberian Peninsula, var. *gallica* De Coincy in the Alps and var. *corsicana* Gauquelin in Corsica (Fig. 1A). On the Iberian Peninsula it appears in highly continental climates, cold and dry, between (200) 900–1200 (1800) m of altitude and in generally carbonated substrata [23].

2.1. Study area

The experimental zone is located in "rambla de Becerra" (Guadix-Baza basin, Granada) in the Southeastern Iberian Peninsula. Its coordinates are 37° 26' N and 3° 5' W at 950 m above sea level. It is a zone which has a xeric-oceanic bioclimate, mesomediterranean thermotype and semi-arid ombrotype [48], very homogeneous topography, with an average annual rainfall of 320 mm in very irregular precipitations. The soils are calcic cambisoles with a pH of 7.5, they have a silt-clay-sand texture with great retention capacity [45].

This zone is found near the most southern and dry populations of *J. thurifera* on the Iberian Peninsula [31] (Fig. 1B), formations of great ecological and geo-botanical value which characterize, from the biogeographical view point [49], to the Baetic Province, Guadiciano-Bacense Sector and Guadiciano-Bastetano District.

During decades the trial surface was used for the extensive cultivation of cereals [18] but due to the socio-economical decline carried over from the 50s–60s decade, the land was sold to the Administration in 1993 and all agricultural activity ceased. Nowadays, a large section of this territory is used for forestry research projects.

A batch of 75 *J. thurifera* seedlings obtained from a commercial nursery close to the trial site, was used in this study. This plants was cultivated in containers of 250 cm³ (Arnatat) with an anti-spiralling system, during 2 years.

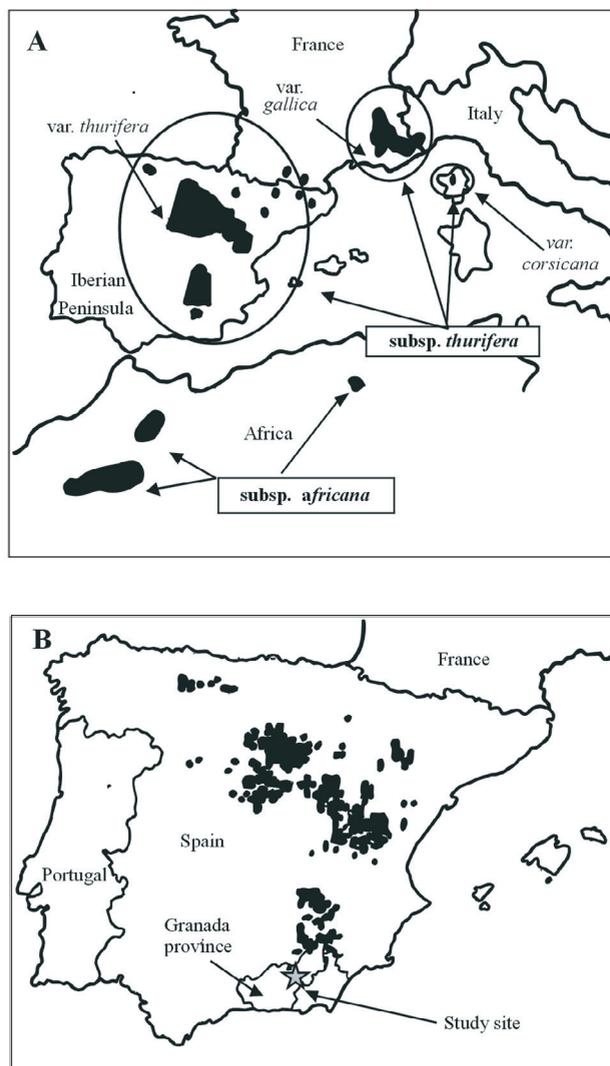


Figure 1. (A) General distribution area of *J. thurifera* [30], (B) Distribution of *J. thurifera* on the Iberian Peninsula ([22], modified), and localization of the study area.

2.2. Laboratory analysis of plant quality

The laboratory analysis was carried out on a set of 25 of this seedlings which were not planted. Root collar diameter (RCD) was measured with a digital calliper and height (H), with a millimetre ruler. The above-ground biomass (AGB) was separated from the root biomass (RB) in order to subject them to the drying process which was performed in a stove at 70 °C during 48 h. At the same time the AGB was divided into leaf biomass (LB) and stem biomass (SB). Later, these were weighed on precision scales and the existent relationship between the two parts (AGB/RB) was calculated, as well as the index of narrowness ($N = H/RCD$), the Dickson index [$ICD = AGB + RB/N + (AGB/RB)$], and the total biomass (TB), some ordinary morphological parameters in studies of plant quality [4, 33, 34, 38, 40, 41].

Finally, a correlation analysis was made between these variables in order to find predictive information about the choice of best quality plants in the nursery without the necessity of destructive samples.

2.3. Analysis of field performance

In the trial zone, where the ecological characteristics were very homogenous, 2 plots of 400 m² (20 × 20 m) were installed. twenty-five seedlings of the initial batch were planted in each one, at a distance of 5 × 5 m and with a regular frame, in February 2001. The procedure for ground preparation consisted of digging of a hole with a retro-excavator of 80 H.P., with a bucket of 50 × 80 cm. The seedlings placed in one of these plots were fitted with a Tubex[®] tree protector with a height of 80 cm, with a double layer of polypropylene, with no lateral ventilation and anchored by a stake. All the plants were measured H, RCD, N and the increments applied to the narrowness index (Ninc) in February, July, October 2001, and in February, July and October of 2002. In this latter sample (October 2002) the foliage surface (FS) was also estimated and the leaf water potential (Ψ) measured.

FS was calculated with a non-destructive estimator of the foliage area [9] based on the same principles used in spectroradiometry. This principles are based on the selective light absorption by chlorophyll. The dispersive used for the foliar surface estimation was a closed tube with reflecting walls and illuminated with a diffuse artificial light source. The spectra were sampled at the centre of the tube top by a Full Sky Irradiance Remote Cosine Receptor. The reflectance spectrum for each plant was calculated from the spectrum sampled with the plant inside the tube divided by the spectrum previously sampled in the tube without a plant. Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) was calculated from the reflectance spectra as $NDVI = (R_{770} - R_{680}) / (R_{770} + R_{680})$, where R_{770} and R_{680} are the reflectances at 770 and 680 nm. Assuming a relationship between NDVI and plant green area, previously calculated in laboratory for *J. thurifera*, we can estimate the FS through the equation: $FS = 1 / (0.0118222 - 0.0434483 \times NDVI)$, $r = -0.76$, $R^2 = 57.2\%$, Standar Error = 0.00103, $P = 0.0000$ ($n = 25$).

Leaf water potential (Ψ) was measured at the end of the maximum water stress period (September), at dawn (6.00 a.m.) and at midday (13.00 p.m.), in 3 seedlings from each plot, for which the Schölander Bomb was used. In all of these cases, the material used was a lateral stem of 6–8 cm, and 4 or 5 leaves, which was transversally cut with a blade and quickly introduced in the pressure chamber.

2.4. Final destructive analysis

In order to analyse the effect of the Tubex[®] shelter on the development of the root and above ground systems, these were extracted by random after 2 years from planting (Oct. 2002), 5 junipers with treeshelter (T) and 5 without treeshelter (WT). Before extracting them, measurements in the field were taken of H, RCD and FS.

The methodology followed in the extraction and processing of the samples consisted in extracting the plants using a retro-excavator 80 H.P. with a bucket of 50 × 80 cm, and once extracted, were transported to the laboratory where the roots were washed to eliminate soil and other rests. The maximum length of the main root (RL) was measured and later AGB differentiating LB and SB, and RB differentiating thick roots (TR, diameter > 2 mm) and fine roots (FR, diameter < 2 mm) were separated, in order to subject them to the drying and weighing process which is habitual in these kind of studies [8, 13, 57]. Finally the TB, the specific foliage area ($SFA = LB/FS$), N and ICD were calculated, and all the variables were correlated in order to find out the grade of dependency on one another, and also, the modifications produced by the treeshelter.

2.5. Measurement of microclimatic parameters

During this sampling period, the general climate was analyzed by means of the meteorological station, of the brand THIES mod. DL-15, located in the trial zone. Data about temperature and precipitation

were registered every 30 min. Moreover, 2 temperature and humidity sensors with a datalogger were installed, of the “HOBO” brand, “Pro Series RH/Temp” type, which registered data every 30 min during 12 months, one inside and another outside the Tubex®. These sensors were rightly protected against rainfall and solar radiation. The existent radiation, outside and inside the shelter, was studied by means of 2 dataloggers of the same brand, “RH/Temp/2x External” type, connected to 2 sensors “Quantum”, “QSO-SUN” model, which registered PAR type data (400–700 nm) every 15 min during 8 months.

All these sensors were fitted to 25 cm above soil (outside and inside the shelter) without any safety device.

2.6. Statistical analysis

The data obtained in the laboratory analysis and from the field measurements were analysed with the programmes Microsoft Excel 97 and SPSS 10.0 for Windows 98, with which different one way ANOVAs were made for the factor “treeshelter”, with a confidence level of 95%. In the case of violation of the Levene test of variance equality, the non parametric test of Kruskal-Wallis was used [28]. Depending on the analysis made, the measurement comparison test LSD was applied, (assuming equal variances) or the Tamhane test (assuming unequal variances) [44]. Correlation analysis in order to obtain information about the level of dependency of the variables studied (r = correlation coefficient), was also made.

3. RESULTS

3.1. Plant quality

The results obtained from the characterization of the plant is shown in Table I. The values and morphological indexes of *J. thurifera* were very similar, and even higher than those of *P. halepensis* and *O. europaea*. However, *J. thurifera* needed two years to obtain these characteristics.

From the correlation analysis done on the variables measured in *J. thurifera* seedlings, no significant correlation was

Table I. Comparison of the plant quality parameters (mean \pm SE) of *J. thurifera* seedlings of two years of nursery growth ($n = 25$), with regard to the values proposed for *Pinus halepensis* [14] and *Olea europaea* [2] from one year seedlings. H = height, RCD = root collar diameter, AGB = above ground biomass, RB = root biomass, TB = total biomass, N = narrowness index, ICD = Dickson index.

	<i>J. thurifera</i>	<i>P. halepensis</i>	<i>O. europaea</i>
Morphological parameters			
H (cm)	21.1 \pm 0.60	10.44 \pm 0.38	22.42 \pm 7.34
RCD (mm)	3.25 \pm 0.12	2.05 \pm 0.06	3.57 \pm 0.82
AGB (g)	2.42 \pm 0.10	0.69 \pm 0.06	1.48 \pm 0.49
RB (g)	1.66 \pm 0.08	0.45 \pm 0.04	1.53 \pm 0.57
TB (g)	4.09 \pm 0.15	1.14 \pm 0.09	3.09 \pm 0.95
Morphological indexes			
AGB/RB	1.53 \pm 0.08	1.68 \pm 0.08	0.99 \pm 0.27
N	6.63 \pm 0.24	5.21 \pm 0.11	6.30 \pm 1.66
ICD	0.49 \pm 0.03	0.16 \pm 0.01	0.40 \pm 0.13

found between RB and other morphological parameters because of numerous plants had similar RCD, H, etc., however they had very variable RB. A significant correlation was found between variables such as AGB-H ($r = 0.46$, $P = 0.02$), AGB-RCD ($r = 0.60$, $P = 0.02$), SB-RCD ($r = 0.75$, $P = 0.000$), etc.

3.2. Climatology and the physical effects of the treeshelter

The climate data collected in the meteorological station appear in Figure 2. The annual precipitation during the period

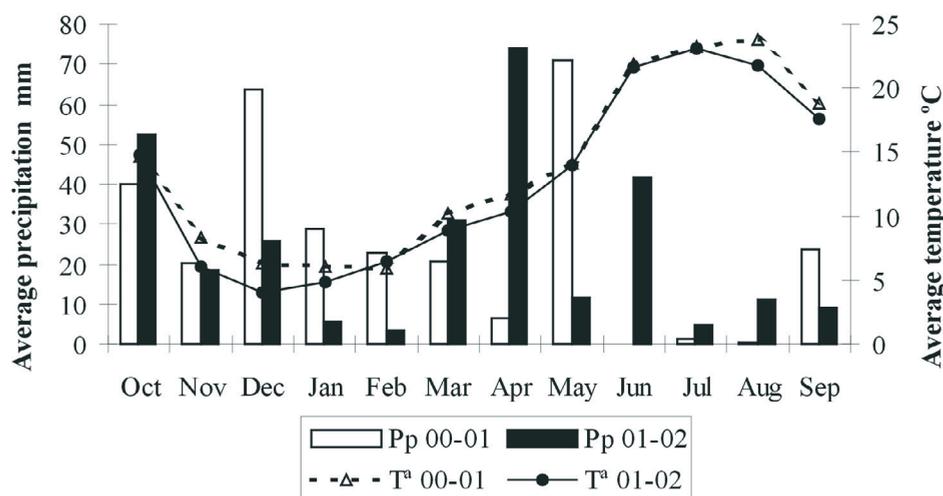


Figure 2. Average monthly temperature and monthly precipitation data during the periods Oct. 2000–Sept. 2001 and Oct. 2001–Sept. 2002, collected in the meteorological station located in the trial zone.

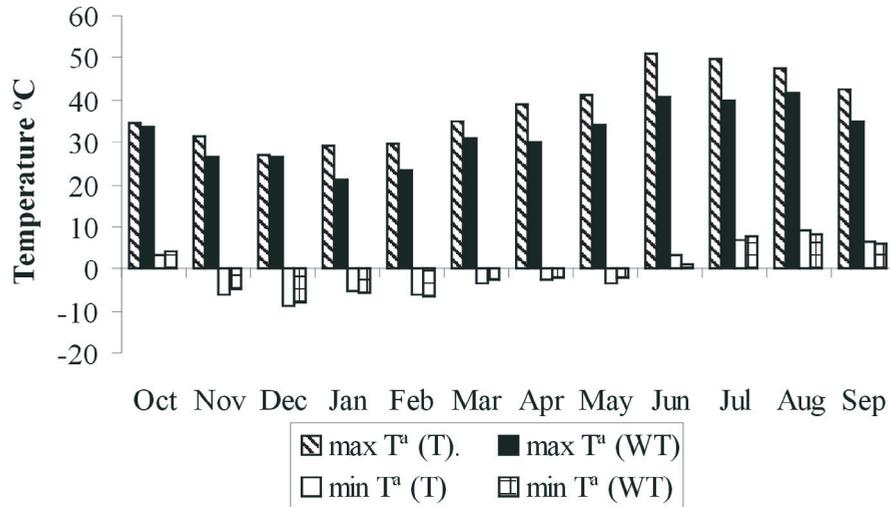


Figure 3. Absolute maximum and minimum temperatures inside (T) and outside (WT) the treeshelter (Tubex®), collected during the period Oct. 2001–Sept. 2002.

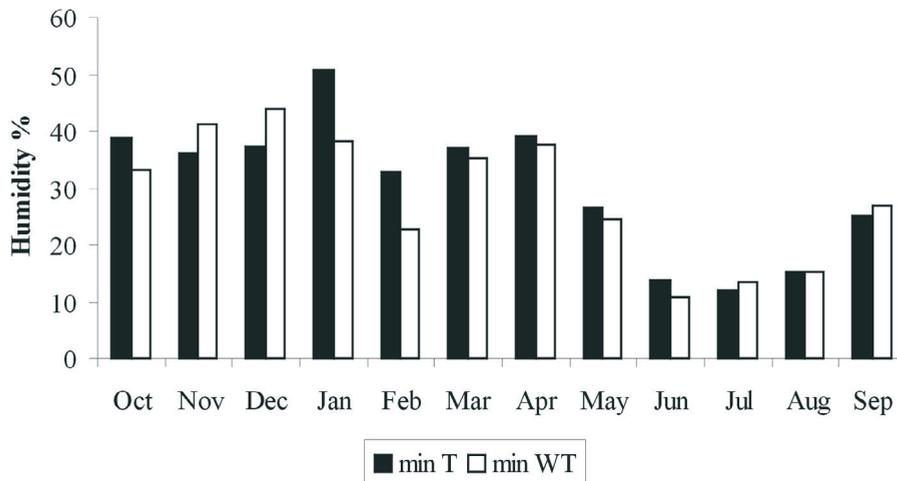


Figure 4. Average monthly minimum humidity inside (T) and outside (WT) the treeshelter (Tubex®) during the period Oct. 2001–Sept. 2002.

Oct. 2000–Sept. 2001 was 299.1 mm and during the period Oct. 2001–Sept. 2002 it was 288.7 mm. The mean temperature during Oct. 2000–Sept. 2001 was 13.7 °C and in Oct. 2001–Sept. 2002 it was 12.7 °C. The maximum temperature was 40.6 °C and the minimum –7.6 °C. The temperature data from the sensors installed inside and outside the shelter during the period Oct. 2001–Sept. 2002, showed important differences (Fig. 3). The absolute maximum temperature was much higher inside the shelter, reaching 51.2 °C in Jun. 2002, in relation to 40.6 °C from the exterior, while the absolute minimum was similar both inside and outside the shelter, although during the months of March, April and May, when the probability of late frost production exists, the temperature was lower inside the treeshelter.

Few differences were found between the minimum average relative humidity inside and outside the shelter (Fig. 4), although the average minimum was higher inside the shelter most part of the months. Figure 5 illustrates the data for mean and maximum radiation occurring inside and outside the treeshelter from Oct. 2001 to Jun. 2002. The presence of the shelter reduced the monthly maximum radiation ($78.12\% \pm 4.69$ SE), in some cases up to more than 90% (March 2002).

3.3. Survival and growth

The survival percentages during the study period were 100% both inside and outside the treeshelter.

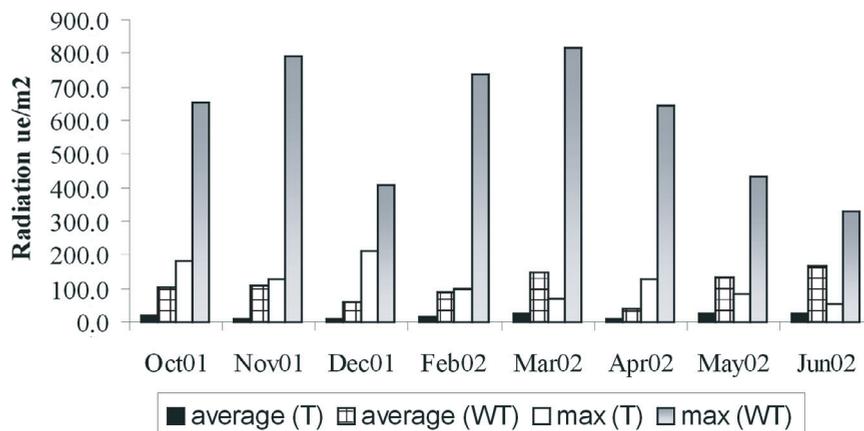


Figure 5. Monthly average and maximum radiation (PAR data) inside (T) and outside (WT) the treeshelter (Tubex®) from Oct. 2001 to Jun. 2002.

Table II. Performance in the field of *J. thurifera*, with protector (T) and without protector (WT) during the period Feb. 2001–Oct. 2002. The value mean \pm SE for each parameter is shown. Different letters indicate significant differences between T and WT at 95% confidence level. H = height, RCD = root collar diameter, N = narrowness index, Ninc = increments applied to the narrowness index in each sample, FS = foliage surface, Ψ = leaf water potential. $n = 50$ for the different parameters except leaf water potential ($n = 10$).

	Time					
	Feb. 01	Jul. 01	Oct. 01	Feb. 02	Jul. 02	Oct. 02
	H (cm)					
T	18.2 \pm 0.40A	20.9 \pm 0.51A	21.5 \pm 0.57A	21.9 \pm 0.59A	25.4 \pm 0.85A	29.6 \pm 1.05A
WT	16.5 \pm 0.68A	17.7 \pm 0.65B	18.1 \pm 0.68B	18.4 \pm 0.68B	20.0 \pm 0.75B	21.6 \pm 0.82B
	RCD (mm)					
T	2.87 \pm 0.08A	3.17 \pm 0.09A	3.34 \pm 0.08A	3.61 \pm 0.10A	4.20 \pm 0.15A	4.60 \pm 0.13A
WT	2.87 \pm 0.10A	3.05 \pm 0.12A	3.29 \pm 0.13A	3.57 \pm 0.16A	4.43 \pm 0.22A	5.34 \pm 0.25B
	N					
T	6.40 \pm 0.13A	6.67 \pm 0.18A	6.49 \pm 0.17A	6.16 \pm 0.20A	6.16 \pm 0.25A	6.50 \pm 0.23A
WT	5.81 \pm 0.21B	5.88 \pm 0.16B	5.61 \pm 0.19B	5.27 \pm 0.18B	4.62 \pm 0.16B	4.15 \pm 0.14B
	Ninc					
T	0	0.26 \pm 0.14A	-0.17 \pm 0.13A	-0.32 \pm 0.12A	-0.00 \pm 0.15A	0.34 \pm 0.15A
WT	0	0.06 \pm 0.15A	-0.26 \pm 0.14A	-0.34 \pm 0.12A	-0.64 \pm 0.12B	-0.47 \pm 0.08B
	FS (cm ²)					
T						146.32 \pm 5.80A
WT						116.88 \pm 3.92B
	ψ 6.00 a.m. (MPa)					
T						-0.79 \pm 0.01A
WT						-1.09 \pm 0.01B
	ψ 13.00 p.m. (MPa)					
T						-2.14 \pm 0.06A
WT						-2.14 \pm 0.04A

The analysis of the average data obtained for the variables measured in the field are shown in Table II. The T presented greater H than those of WT, and significant differences existed between both of them from the first spring. With regard to the

RCD, only significant differences existed between the T and the WT at the end of the trial (Oct. 2002), that was greater in the WT. From the beginning of the plantation, the N showed significant differences between the T and the WT. However,

Table III. Destructive analysis made at the end of the study period (Oct. 2002). It shows mean \pm SE for *J. thurifera* ($n = 10$), with treeshelter (T) and without treeshelter (WT). Different letters indicate significant differences (* = $0.05 > P > 0.01$, ** = $0.01 > P > 0.001$, *** $P < 0.001$). H = height, RCD = root collar diameter, FS = foliage surface, RB = root biomass, TR = thick roots biomass, FR = fine roots biomass, AGB = above ground biomass, SB = stem biomass, LB = leaf biomass, TB = total biomass, RL = length of main root, SFA = specific foliage area, N = narrowness index, ICD = Dickson index.

Parameters	T	WT	P-value
H (cm)	28.10 \pm 1.42A	22.62 \pm 1.06B	0.022*
RCD (mm)	4.18 \pm 0.12A	6.00 \pm 0.51B	0.006**
FS (cm ²)	144.40 \pm 7.13A	122.25 \pm 3.96B	0.040*
RB (g)	3.67 \pm 0.23A	6.20 \pm 1.01B	0.029*
TR (g)	0.67 \pm 0.08A	1.27 \pm 0.20B	0.023*
FR (g)	2.99 \pm 0.25A	4.93 \pm 0.83B	0.043*
AGB (g)	7.51 \pm 0.41A	11.61 \pm 1.69B	0.034*
SB (g)	1.60 \pm 0.14A	2.60 \pm 0.42B	0.044*
LB (g)	5.90 \pm 0.33A	9.00 \pm 1.36B	0.043*
TB (g)	11.18 \pm 0.54A	17.82 \pm 2.69B	0.014*
RL (cm)	47.80 \pm 2.18A	65.50 \pm 6.97B	0.032*
SFA (g/cm ²)	0.041 \pm 0.00A	0.074 \pm 0.01B	0.023*
N	6.70 \pm 0.23A	3.82 \pm 0.26B	0.000***
ICD	1.28 \pm 0.36A	3.18 \pm 0.40B	0.001**

to avoid the initial existent differences between both groups of plants, the increases in the index of narrowness (Ninc) was calculated in each period, and it was observed that the T presented a higher increments than the WT, with significant differences in the periods of greater growth (Feb. 2002–Jul. 2002 and Jul. 2002–Oct. 2002). The T presented a greater FS, and the Ψ showed significant differences at dawn, but not at midday, when they suffered from the highest evaporative demand.

3.4. Final destructive analysis (Tab. III)

The T had an H which was significantly higher than the WT and there also existed significant differences with regard to the RCD, this being greater for the WT. The results of the analysis of the FS reflect that this was significantly higher in the T. Until now, the results are identical to those obtained for all the seedlings as a whole (Tab. II). However, the WT presented greater RB, both for TR and FR, greater AGB (SB and LB), greater RL and although the FS was less, they presented a greater SFA. The T had a greater N and the ICD was significantly lower than the WT. The correlation analyses between the parameters studied are presented in Table IV. From these, it is clear that the RL, H and FS have no correlation with any other parameter, with or without treeshelter. There were significant differences between T and WT with regard to the RCD, this was seen to be positively correlated in the WT with AGB, LB and TB. The TB also correlated with RB and SB; LB with RB and FR, and AGB with RB and FR. There were positive correlations for T and WT in the following cases: TB-LB, TB-AGB, TB-FR, LB-AGB and RB-FR. However, two cases showed a negative significant correlation for T, for the variables AGB-TR and LB-TR. Finally it must be pointed out that a negative correlation was found between N and ICD ($r = -0.93$, $P = 0.000$, $n = 10$).

Table IV. Correlation analyses made using different parameters of *J. thurifera* (Tab. III). It shows the coefficient of correlation (r) for *J. thurifera* seedlings with treeshelter (T) and without treeshelter (WT). RB = root biomass, FR = fine roots biomass, TR = thick roots biomass, AGB = above ground biomass, LB = leaf biomass, SB = stem biomass, TB = total biomass, RCD = root collar diameter. * = $0.05 > P > 0.01$, ** = $0.01 > P > 0.001$.

		FR	AGB	SB	LB	TB	RCD
RB	T	0.944*	–	–	–	–	–
	WT	0.987**	0.956*	0.885*	0.925*	0.981**	–
FR	T	–	–	–	–	0.882*	–
	WT	–	0.929*	–	0.917*	0.959**	–
TR	T	–	–0.905*	–	–0.914*	–	–
	WT	–	–	0.974*	–	–	–
AGB	T	–	–	–	0.952*	0.919*	–
	WT	–	–	–	0.987**	0.995**	0.945*
LB	T	–	–	–	–	0.925*	–
	WT	–	–	–	–	0.975**	0.955*
SB	T	–	–	–	–	–	–
	WT	–	–	–	–	0.882*	–
TB	T	–	–	–	–	–	–
	WT	–	–	–	–	–	0.925*

4. DISCUSSION

From the results obtained, the commercial plant of *J. thurifera* used for this trial can be considered to be of good quality. Both the parameters and morphological indexes applied were very similar to the standard quality values proposed for other Mediterranean species like *Pinus halepensis* and *Olea europaea*. However, two years of nursery cultivation were necessary in order to achieve similar characteristics to those obtained for *P. halepensis* and *O. europaea* in only a year. This places *J. thurifera* in a position of clear disadvantage regarding its commercial price. In laboratory, no correlation was obtained between the root biomass and other morphological parameters, which would have allowed us to discover the quality of the root system of the nursery seedlings without having to take destructive measurements.

Proof of this good quality of the seedlings used was the spectacular survival rate which was registered at 100%, with very low precipitations, less than the average, bordering on the limits that this species can withstand [43] and with negative temperatures during 7 months of the year. The high survival rate was also due to the favourable ground preparation, recommended by [6] for the rooting and establishment of seedlings in semi-arid environments.

With regard to the treeshelter used, we can conclude that the maximum temperature increased, no important changes in minimum relative humidity were perceived and the monthly maximum radiation was reduced by 78%. This could provoke numerous changes in the protected seedlings, such as significant increase in height from the first Spring, low increase in diameter and consequently excessive narrowness which may cause problems of morphological disproportion and destabilization. Some authors found similar results for other species [2, 3, 16, 29]. The foliage surface was greater in seedlings inside the treeshelter, probably due to the diminished incidence of radiation. With regard to the water potential, there were no significant differences at the moment of the maximum evaporative demand (midday) while that at predawn the Ψ was significantly more negative for seedlings outside the shelter. This indicates insufficient re-saturation compared to seedlings in shelter and it can be explained by the ventilation effect outside the shelter.

However, the final destructive analysis and the correlation analysis of variables offer us crucial information for understanding the effects of the treeshelters upon the seedlings in the trial environment. The reduction of radiation inside the shelter could make the plants grow higher and to increase their foliage surface with a significant negative detriment upon the root biomass, quantity of fine and thick roots, and the length of the main root, which constitute the key for its survival in climates in which hydric resources are scarce and the plants are subjected to long periods of xericity. Therefore, the use of the shelter seems inadvisable, at least in these environments and for species with these characteristics.

Both N and ICD indicated a better response of the WT, however, N is easier to be calculated than ICD because it does not require the delicate and expensive harvest of the plants. Due to the high correlation found between both indexes, it is recommended to use N.

Finally, we conclude that this study constitutes one of the first field trials with *J. thurifera* in its natural distribution area. Special emphasis must be made on its viability even in extreme ecological conditions, which, together with the advanced methods that are being obtained for its reproduction in the nursery, widens the scene for the conservation, management and restoration of the *J. thurifera* formations.

REFERENCES

- [1] Benfeldt E.S., Feldhake C.M., Burger A., Establishing trees in an Appalachian silvopasture; response to shelters, grass control, mulch and fertilization, *Agroforest. Syst.* 53 (2001) 291–295.
- [2] Bergez J.E., Dupraz C., Transpiration rate of *Prunus avium* L. seedlings inside an unventilated tree shelter, *For. Ecol. Manage.* 97 (1997) 255–264.
- [3] Bergez J.E., Dupraz C., Effect of ventilation on growth of *Prunus avium* seedlings grown in treeshelters, *Agric. For. Meteorol.* 104 (2000) 199–214.
- [4] Birchler T., Rose R.W., Royo A., Pardos M., La planta ideal: revisión del concepto, parámetros definitorios e implementación práctica, *Invest. Agrar. Sist. Recur. For.* 7 (1998) 109–121.
- [5] Blanco E., Casado M.A., Costa M., Escribano R., García M., Génova M., Gómez A., Gómez F., Moreno J.C., Morla C., Regato P., Sáinz H., Los bosques ibéricos, Planeta S.A., Barcelona, 1997.
- [6] Bocio I., Navarro F.B., Ripoll M.A., Jiménez M.N., De Simón E., Holm oak (*Quercus rotundifolia* Lam.) and Aleppo pine (*Pinus halepensis* Mill.) response to different soil preparation techniques applied to forestation in abandoned farmland, *Ann. For. Sci.* 61 (2004) 171–178.
- [7] Burger D.W., Svihra P., Harris R., Treeshelter use in producing container-grown trees, *HortScience* 29 (1992) 30–32.
- [8] Cañellas I., San Miguel A., Biomasa subterránea de los matorrales de *Quercus coccifera* en el Este de España, *Invest. Agrar. Sist. Recur. For.* 5 (1996) 189–200.
- [9] Casadesús J., Tambussi E., Royo C., Araus J.L., Growth assessment of individual plants by an adapted remote sensing technique, *Options Méditerranéennes* 40 (2000) 129–132.
- [10] Cortina J., Valdecantos A., Seva F.P., Vilagrosa A., Bellot J., Vallejo R., Relación tamaño-supervivencia en plantones de especies arbustivas y arbóreas mediterráneas producidos en vivero, I Congreso Forestal Hispano-Luso, 1997, pp. 159–164.
- [11] Costa M., Gómez G., Morla C., Sáinz H., Caracterización fitoecológica de los sabinars albares de la Península Ibérica, *Orsis* 8 (1993) 79–93.
- [12] De la Torre J.R., Árboles y Arbustos de España Peninsular, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, Madrid, 1971.
- [13] Del Campo A.D., Régimen en cultivo, desarrollo en vivero, calidad de planta y respuesta al establecimiento en cuatro especies de frondosas mediterráneas, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes, Universidad de Córdoba, Tesis doctoral, 2002.
- [14] Do Amaral J., *Juniperus*, in: Castroviejo S., Laínz M., López G., Montserrat P., Muñoz F., Paiva J., Villar L. (Eds.), *Flora ibérica*, Vol. I, Real Jardín Botánico de Madrid-CSIC, Madrid, 1987, pp. 179–188.
- [15] Dubois M.R., Chappelka A.H., Robbins E., Somers G., Baker K., Tree shelters and weed control: Effects on protection, survival and growth of cherrybark oak seedlings planted on a cutover site, *New For.* 20 (2000) 105–118.
- [16] Dupraz C., Berger J.E., Carbon dioxide limitation of the photosynthesis of *Prunus avium* L. seedlings inside an unventilated treeshelter, *For. Ecol. Manage.* 119 (1999) 89–97.
- [17] Fitter A.H., Stickland T.R., Architectural analysis of plant root systems: Studies on plants under field conditions, *New Phytol.* 121 (1992) 243–248.

- [18] Gámez J., El espacio geográfico de Guadix: aprovechamiento agrario, propiedad y explotación, Universidad de Granada y Fundación Caja de Granada, Granada, 1995.
- [19] Gauquelin T., Asmodé J.F., Largier G., Le genévrier thurifère (*Juniperus thurifera* L.) dans la bassin occidental de la Méditerranée: repartition et enjeux, ONF-Les dossiers forestiers 6 (2000) 14–24.
- [20] Gil L., Pardos J.A., Aspectos funcionales del arraigo. La calidad fisiológica de la planta forestal, Cuadernos de la S.E.C.F. 4 (1997) 27–33.
- [21] Gómez F., Los sabinares de *Juniperus thurifera* de la Península Ibérica: cartografía, flora, tipificación y consideraciones paleobiogeográficas, Universidad Autónoma de Madrid, Tesis doctoral, 1991.
- [22] Gómez F., Martínez J.M., Morales M.J., *Juniperus thurifera* L., Fontqueria 36 (1993) 211–221.
- [23] Gómez F., Costa M., Morla C., Sáinz H., Elementos para una interpretación paleogeográfica de los sabinares albares de la Península Ibérica, ONF-Les dossier forestiers 6 (2000) 171–179.
- [24] González E., Selvicultura: fundamentos naturales y especies forestales, Los bosques ibéricos, Dossat S.A., Madrid, 1947.
- [25] Guerrero J., Fitter A.H., Relationships between root characteristics and seed size in two contrasting floras, Acta Oecol. 22 (2001) 77–85.
- [26] Kjelgren R., Growth and water relations of Kentucky coffee tree in protective shelters during establishment, HortScience 29 (1994) 777–780.
- [27] Kjelgren R., Rupp L.A., Establishment in treeshelters I: shelters reduce growth, water use, and hardness but not drought avoidance, HortScience 32 (1997) 1281–1283.
- [28] Lara A.M., Diseño estadístico de experimentos, análisis de varianza y temas relacionados, tratamiento informático mediante SPSS, Proyecto Sur de Ediciones S.L., Granada, 2001.
- [29] Leroy C., Caraglio Y., Effect of tube shelters on the growth of young Turkish pines (*Pinus brutia* Ten., Pinaceae), Ann. For. Sci. 60 (2003) 539–547.
- [30] Lloret F., Casanovas C., Peñuelas J., Seedling survival of Mediterranean shrubland species in relation to root: shoot ratio, seed size and water and nitrogen use, Funct. Ecol. 13 (1999) 210–216.
- [31] Lorite J., Navarro F.B., Salazar C., Valle F., Comparative study of *Juniperus thurifera* L. formations in the Baetic mountains (S.E. Spain), ONF-Les dossiers forestiers 6 (2000) 53–61.
- [32] Navarro R.M., Martínez-Suárez A., Supervivencia y crecimiento de encina (*Quercus ilex*) y alcornoque (*Quercus suber*) utilizando seis tipos de tubos invernadero, Actas del II Congreso Forestal Español, Tomo III, Irati, 1997, pp. 437–442.
- [33] Navarro R.M., Permán J., Apuntes de producción de planta forestal. Universidad de Córdoba, Córdoba, 1997.
- [34] Navarro R.M., Gálvez C., Contreras V., Del Campo A.D., Protocolo para caracterización del cultivo de planta forestal en contenedor, Ministerio de Agricultura, Consejería de Agricultura, E.T.S.I. Agrónomos y de Montes, Córdoba, 1998.
- [35] Navarro R.M., Del Campo A.D., Alejano R., Álvarez L., Caracterización de calidad final de planta de encina (*Q. ilex* L.), alcornoque (*Q. suber* L.), algarrobo (*C. siliqua* L.) y acebuche (*O. europea* L. subsp. *sylvestris*) en cinco viveros en Andalucía, Montes 56 (1999) 57–67.
- [36] Navarro F.B., Bocio I., Ripoll M.A., De Simón E., Ensayo preliminar de forestación con especies arbustivas en terrenos agrícolas semiáridos, Monogr. Fl. Veg. Béticas 12 (2000) 155–161.
- [37] Oliet J.A., Navarro R.M., Contreras O., Evaluación de la aplicación de tubos y mejoradores en repoblaciones forestales, Manuales de restauración forestal nº 2, Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Córdoba, 2003.
- [38] Oncins J.C., Leite M.R., Chambel M.H., Almeida A., Fabico M., Chaves M., Ensayo de producción de *Q. suber* L. en vivero: criterios para la evaluación de la calidad de las plantas, Actas del II Congreso Forestal Español, Tomo III, Irati, 1997, pp. 473–478.
- [39] Oria de Rueda J.A., Recursos naturales y gestión forestal de sabinas y enebros, Quercus 56 (1990) 6–10.
- [40] Pardos M., Comportamiento de la planta de alcornoque (*Quercus suber* L.) producida en envase: su evaluación mediante parámetros morfológicos y fisiológicos, Tesis Doctorales INIA, Serie Forestal 3, Ministerio de Ciencia y Tecnología, Madrid, 2000.
- [41] Peñuelas J.L., Ocaña L., Calidad de la planta forestal para el plan de forestación de tierras agrícolas, Montes 33 (1996) 84–87.
- [42] Peñuelas J.L., Ocaña L., Cultivo de plantas forestales en contenedor, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid, 1996.
- [43] Pereira I., Fernández A., Manrique E., Ámbito fitoclimático de existencia de *Juniperus thurifera* L. y separación entre sus sintaxones, Cuadernos de la S.E.C.F. 7 (1998) 61–67.
- [44] Pérez C., Técnicas estadísticas con SPSS, Pearson Educación S.A., Madrid, 2001.
- [45] Pérez-Pujalte A., Mapa de suelos del Proyecto LUCDEME a escala 1:100 000 (Hoja 993-Benalúa de Guadix), Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, 1997.
- [46] Poblador-Soler A., La multiplicación de la “sabina albar” (*Juniperus thurifera* L.) en pépinière et sa plantation en montagne, ONF-Les dossiers forestiers 6 (2000) 140–143.
- [47] Richards, Root-shoot interactions: a functional equilibrium for water uptake in peach [*Prunus persica* (L.) Batsch], Ann. Bot. 41 (1977) 279–281.
- [48] Rivas-Martínez S., Loidi J., Bioclimatology of the Iberian Peninsula, Itinera Geobot. 13 (1999) 41–47.
- [49] Rivas-Martínez S., Asensi A., Díez B., Molero J., Valle F., Biogeographical synthesis of Andalusia (southern Spain), J. Biogeogr. 24 (1997) 915–928.
- [50] Rose R.D., Hasse L., The target seedling concept: Implementing a program, in: Landis T.D., Cregg B. (Eds.), Forest and conservation nursery associations, USDA, Portland, 1995, pp. 124–130.
- [51] Rose R., Carlson W.C., Morgan P., The target seedling concept, in: Rose R., Campbell S.J., Landis T.D. (Eds.), Target seedling symposium: Proceedings, combined meeting of the western forest nursery associations, USDA Forest Service, Roseburg, Oregon, 1990, pp. 1–8.
- [52] Rose R., Atkinson M., Gleason J., Sabin T., Root volume as a grading criterion to improve field performances of Douglas-fir seedlings, New For. 5 (1991) 195–209.
- [53] Royo A., Fernández M., Gil L., González E., Puelles A., Ruano R., Pardos J.A., La calidad de la planta de vivero de *Pinus halepensis* Mill. destinada a repoblación forestal: tres años de resultados en la comunidad valenciana, Montes 50 (1997) 29–39.
- [54] Sharrow S.H., Effects of shelter tubes on hardwood tree establishment in western Oregon silvopastures, Agroforest. Syst. 53 (2001) 292–290.
- [55] Suárez M.A., Vázquez F., Baselga P., Torres E., Cuevas S., Efectos de distintos tratamientos en vivero en el arraigo y primer desarrollo en campo de plantas de *Q. suber* L. y *Q. rotundifolia* Lam.: efecto del protector, Actas del II Congreso Forestal Español, Tomo III, 1997, pp. 627–632.
- [56] Thompson L.E., Seedling morphological evaluation. What you can tell by looking, in: Duryea M.L. (Ed.), Evaluating seedling quality: principles, procedures and predictive abilities of major tests, FRL, OSU, Corvallis, 1985, pp. 59–71.
- [57] Vilagrosa A., Estrategias de resistencia al déficit hídrico en *Pistacia lentiscus* L. y *Quercus coccifera* L. Implicaciones en la repoblación forestal, Dpto. Ecología, Universidad de Alicante, Tesis doctoral, 2002.
- [58] Ward J.S., Gent M.P.N., Stephens G.R., Effects of planting stock quality and browse protection-type on height of northern red oak and eastern white pine, For. Ecol. Manage. 127 (2000) 205–216.

CAPÍTULO 3.
**FACTORES QUE CONTROLAN LA
DIVERSIDAD EN FORESTACIONES:
FACTORES EDÁFICOS, CLIMÁTICOS
Y GEOGRÁFICOS**

Resumen

En este capítulo se estudian los factores (edáficos, climáticos y geográficos) que controlan la diversidad en forestaciones. La Unión Europea gasta anualmente gran cantidad de dinero en medidas agroambientales y otros programas para mejorar los paisajes tradicionales, biodiversidad, calidad del suelo, etc... Sin embargo, se han realizado pocos trabajos sobre su efectividad, especialmente en ambientes mediterráneos. En nuestro trabajo evaluamos el impacto de las medidas de forestación de tierras agrícolas europeas sobre la diversidad de especies de plantas. Varias características ambientales (edáficas, climáticas, geográficas y uso del suelo), y datos florísticos (abundancia y cobertura de especies, riqueza de especies, *índice de Shannon-Wiener* (H') y riqueza de grupos funcionales) fueron estudiadas en 51 forestaciones en el Noreste de la provincia de Granada (SE de España), 6 de las cuales fueron seleccionadas para comparar con cultivos de cereal adyacentes. El diagrama de ordenación del Análisis de Correspondencia Corregido (DCA) mostró 8 grupos de muestras con composición de especies similar, los cuales fueron entonces caracterizados ambientalmente por medio de análisis univariantes. El análisis de Correspondencias Canónico Corregido (DCCA) y el procedimiento de partición de la varianza se llevó a cabo para evaluar la proporción de varianza explicada por las variables ambientales y un análisis de regresión simple fue usado como modelo de la relación entre variables biológicas y ambientales. Un total de 275 especies de plantas fueron identificadas, de las cuales el 24,2% tienen un área de distribución restringida. La diversidad media (H') estimada por muestra fue de $2,44 \pm 0,07$, aunque las especies utilizadas en la forestación solo supusieron un aumento del $+2,91\% \pm 0,58$ en H' . Identificamos 11 variables significativas y no correlacionadas que fueron incluidas en el DCCA final. La mayor parte de la variación explicada por las variables ambientales (40,87%) se debió a factores edáficos y litológicos, mientras que otra parte importante de la variación fue explicada por factores mayoritariamente climáticos (temperatura y altitud, la última altamente correlacionada con la precipitación) y uso previo del suelo. Las forestaciones más diversas se encontraron en zonas altas, con mayor precipitación, sobre suelos de menor pH, altos contenidos en arena y gravas y próximas a bosques autóctonos de *Quercus*. Por el contrario, las menos diversas se encontraron sobre suelos salinos, en ambientes más áridos e inmersas en un paisaje agrícola. H' fue significativamente superior en las forestaciones que en los cultivos de cereal adyacentes, lo que supuso un

aumento medio de $+50,01\% \pm 4,27$ en el *índice de Shannon-Wiener*. En base a estos resultados se puede inferir que las forestaciones financiadas con fondos europeos están beneficiando la conservación de la biodiversidad, al menos en ambientes mediterráneos, pero nosotros proponemos que deben de realizarse con una planificación previa y teniendo en cuenta criterios técnicos y territoriales para maximizar el impuesto de los ciudadanos.

**3.1. IMPACTO DE LOS PROGRAMAS
EUROPEOS DE FORESTACIÓN DE
TIERRAS AGRARIAS SOBRE LA
BIODIVERSIDAD EN EL SURESTE
ESPAÑOL: EFECTO DE LAS
VARIABLES AMBIENTALES Y LOS
CAMBIOS DE USO DEL SUELO**

1 **Impact of the EU farmland afforestation scheme on biodiversity in SE Spain:**
2 **effects of environmental variables and changes in land use**

3

4 María N. JIMÉNEZ¹, Francisco B. NAVARRO^{1*}, Emilia FERNÁNDEZ-
5 ONDOÑO², María A. RIPOLL¹, Eva CAÑADAS³

6

7 ¹Grupo de Sistemas y Recursos Forestales, Área de Recursos Naturales, IFAPA Centro Camino de
8 Purchil (Consejería Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía), Camino de Purchil s/n., 18080
9 Granada, Spain

10 ²Dpto. Edafología y Química Agrícola, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada, Campus
11 Fuentenueva s/n., 18071 Granada, Spain

12 ³Dpto. Botánica, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada, Campus Fuentenueva s/n., 18071
13 Granada, Spain

14

15 *Corresponding author: Tel: +34 958 895233; Fax: +34 958 895203; *E-mail address:*
16 fbruno.navarro@juntadeandalucia.es

17

18 Running head: Impact of farmland afforestation on biodiversity

19

20 Total number of characters: 39852

21 Number of tables: 5

22 Number of figures: 3

23

24

25 **Abstract**

26 • Several environmental characteristics and floristic data were studied in 51
27 farmland afforestations in the SE Spain, six of which were selected to be
28 compared with adjacent cereal crops.

29 • Detrended correspondence analysis (DCA), detrended canonical correspondence
30 analyses (DCCA) and variance partitioning procedures were used to assess the
31 species composition similarity and the variance proportion explained by the
32 environmental variables. Simple regression analyses were used to model the
33 biological and environmental relationships.

34 • A total of 275 plant species were identified, of which 24.2% grow within a
35 restricted distribution area. Shannon index (H') estimated per sample was one of
36 2.44 ± 0.07 , although the species used in afforestation only involved an increase of
37 $+2.91\% \pm 0.58$. Most of the variation shown by the environmental variables
38 (40.87%) was due to edaphic and lithological factors whilst another important part
39 could be put down mainly to climatic factors and former land use. H' was
40 significantly higher in the afforestations than in the adjacent cereal fields, which
41 was reflected in a mean increase of $+50.01\% \pm 4.27$ in the H' .

42 • On the basis of these results it may be inferred that afforestations financed by
43 European funding are proving of benefit to the conservation of biodiversity in
44 Mediterranean environments.

45

46 **Keywords:** farmland afforestation/ EC regulation 2080/92/ Community
47 **Agrarian Policy/ plant species diversity/ DCCA**

48 **1. INTRODUCTION**

49 The European Union (EU) and national governments together spend some €
50 3.5 billion a year on schemes aimed at encouraging less intensive farming in
51 favour of gains in biodiversity, landscape preservation and water and soil quality
52 (Whitfield, 2006). Most of the studies evaluating the effects of these schemes
53 have, however, shown minimal benefits or even negative effects on biodiversity,
54 depending upon the group of organisms and the agri-environment scheme
55 evaluated (Kleijn and Sutherland, 2003; Kleijn et al., 2006) .

56 The Farmland Afforestation Scheme was one of the agri-environmental
57 measures that accompanied the Common Agricultural Policy (CAP) of 1992. The
58 aim of this European initiative was to reduce surplus products, to promote early
59 retirement systems for farmers, to increase forest resources and to support the
60 protection of the environment, landscape and natural resources (including
61 biodiversity) by offering farmers annual incentive payments for the conversion of
62 farmland to woodlands (EC regulation 2080/92). The development of these
63 actions has been continued with the application of EC regulations 1257/99 and
64 1698/05 in support of rural development, which highlight once more the
65 importance of agri-environmental instrumental policies, particularly that of
66 afforesting farmlands, and establish the need to maintain the support system for
67 forestry measures in agriculture (Montiel, 2006).

68 As a result of the application of these afforestation and other re-planting
69 programmes, the decline of forest cover in Europe has been reversed, with forest
70 area in western regions expanding recently at just under 4,000 km² per year (FAO,

71 2006). In Spain, 684,881 ha were afforested with European financial support
72 during the period 1993-2006, with some 50,000 people benefitting from the
73 project (MAPA, 2006). This pace of afforestation is only comparable with the
74 maximum intensity of the reforestation process carried out between 1950 and
75 1970 by the Spanish government.

76 Nevertheless, the Spanish case is just one of several different national
77 responses to the enactment of EC regulation 2080/92 and subsequent ones, since
78 national and even regional specific concerns have been involved in the
79 implementation of the programme (Kleijn and Sutherland, 2003; Montiel, 2006).
80 This makes it extremely difficult to arrive at an objective global evaluation of the
81 effects of this European scheme on biodiversity.

82 In general the management of the scheme in Spain has been ridden by a lack
83 of planning, vague environmental indications and an absence of any technical and
84 territorial criteria (Montiel, 2006), although this also holds true for other countries
85 (*cf.* Madsen, 2002). As a result, there are numerous afforested lands spread
86 illogically throughout different regions, under very diverse environmental
87 conditions, normally occupying abandoned agricultural lands and, unlike most
88 other European countries, in 95% of cases obeying no short-term timber
89 production objectives.

90 Despite this, the increasing non-commercial importance of Mediterranean
91 forestland in terms of biodiversity, outdoor recreation and visual landscape
92 amenities justifies the subsidies involved in the proposed policy (Santos et al.,
93 2006; Gimona and van der Horst, 2007). Compared to other European countries,

94 however, where some appraisals have been made of the effects of farmland
95 afforestations on birds (Pithon et al., 2005), spiders (Oxbrough et al., 2007) and
96 plants (Wulf, 2004), few such studies have been undertaken in the Mediterranean
97 area. Thus, our aim has been to evaluate the impact of farmland afforestations on
98 plant species diversity in a Mediterranean environment and to analyse the effects
99 of different environmental factors and changes in land use.

100

101 **2. MATERIALS AND METHODS**

102 **2.1. Study area and site selection**

103 The area chosen for this study lies in the northeast of the Province of
104 Granada (SE Iberian Peninsula) within the confines of the Baetic mountain
105 system, a biodiversity hotspot in the Mediterranean region (Médail and Quézel,
106 1999). It extends over 5,220 km² and includes the administrative regions of
107 Guadix, Baza and Huéscar. Within this area a total of 241 farms have been
108 afforested with European financial support. The size of the farms varied between
109 1.15 and 97.73 ha, with an average of 26.85 ha \pm 1.36 SE ($n=227$). Unlike the rest
110 of the autonomous región of Andalucía, where *Quercus* species (*Quercus ilex* L.
111 subsp. *ballota* (Desf.) Samp. and *Quercus suber* L.) have been used for
112 afforestation, in our study area the main tendency has been to plant *Pinus*
113 *halepensis* Mill. in pure or mixed stands with *Q. ilex* subsp. *ballota* in low
114 densities (300-500 stem ha⁻¹). Of these, 51 farmland afforestations (~25% of the
115 total) were chosen according to their lithology, time since afforestation and
116 previous land use (wasteland or cropland). Tab. I shows a summary of the study

117 sites, including a numerical code for each site, its location, UTM siting and
118 altitude.

119 According to Rivas-Martínez and Loidi (1999), the area is included in the
120 Mediterranean macroclimate within the meso-, supra- and oromediterranean
121 thermotypes and semi-arid, dry and sub-humid ombrotypes. The most frequent
122 soils in the area are leptosols (lithic leptosols and rendzic leptosols), calcisols
123 (petric calcisols and haplic calcisols), cambisols (eutric cambisols and calcaric
124 cambisols) and regosols (leptic regosols, calcaric regosols and eutric regosols).
125 There are also odd areas of calcaric phaeozems, calcic solonchaks and carbonatic
126 solonchaks (Aguilar et al., 2006).

127

128 **2.2. Data collection**

129 Within each of the 51 chosen afforestations we marked out a sample plot 20
130 x 20 m square, more than 50 m from the edge of the woodland to avoid any edge
131 effects. In each plot we drew five 20-m-long linear transects, separated from each
132 other by 4 m and aligned perpendicularly to the furrows made for the original
133 planting (normally linear subsoiling).

134 During spring 2006 the data of the vascular plants (including afforested
135 species) were recorded where the tip of a pointer touched the vegetation
136 perpendicularly every 100 cm along the transects, in a similar manner to the point
137 quadrat technique (*cf.* Chalmer and Parker, 1989). We estimated the species
138 abundance (number of individuals of each species per plot) and the proportional
139 cover (%) of the aerial parts of each species. The species were classified into

140 different functional groups according to previous studies in Mediterranean
141 ecosystems: annuals (including annual or biennial plants), perennial forbs,
142 perennial grasses and woody species (including dwarf scrubs and shrubs). Plant
143 species diversity was selected as biodiversity indicator and was examined in terms
144 of species richness (the total number of species per plot) and species diversity
145 (calculated as the Shannon-Wiener index $[H'] = -\sum p_i \ln p_i$). Differences in plant
146 diversity both including and excluding the afforested species were examined.
147 Conservation status was based on Cabezudo et al. (2005).

148 An environmental set of variables was collected in the field and from
149 subsequent laboratory and desktop studies. The environmental data were divided
150 into geographic, climatic, edaphic, geological and land use categories (Tab. II).
151 The geographic variables included UTM siting, altitude and other variables
152 associated with the distance of the sample plots from neighbouring crops, patches
153 of native vegetation, thick scrub and preserved autochthonous *Quercus sp.*
154 woodland. These data were obtained with the ARCVIEW 3.2[®] programme from
155 the map of usage and vegetable coverage of the land published by the Council for
156 the Environment (Consejería de Medio Ambiente, 2003).

157 Climate data were derived from information provided by the National
158 Meteorological Institute (Instituto Nacional de Meteorología) of the Ministry of
159 the Environment by the interpolation method proposed by Sánchez-Palomares et
160 al. (1999).

161 Composite soil samples were collected from the centre and corners of every
162 quadrat to a depth of 0-10 cm and then mixed to obtain one representative sample

163 per plot. Their physical and chemical attributes were analysed. Soil texture was
164 analysed with air-dried, screened soil samples (< 2 mm) by the pipette method of
165 Robinson (Soil Conservation Service, 1972). Any gravel was weighed and stored
166 separately. The available water content was calculated by the difference between
167 the moisture content at field capacity extracted in a pressure plate at -33 kPa and
168 the moisture at the withering point, measured at -1500 kPa (Cassel and Nielsen,
169 1986). The exchange bases (Mg^{2+} and K^+) were extracted with NH_4OAc 1N, and
170 the cation-exchange capacity was determined by saturation in sodium by washing
171 the soil samples with alcohol and extracting the sodium adsorbed with NH_4OAc
172 1N (Soil Conservation Service, 1972). pH was measured in a soil suspension in
173 distilled water (1:2.5). To determine the organic carbon, N^+ content and calcium
174 carbonate in the soil the samples were ground and screened again (0.125 mm grid
175 size). Organic carbon was determined using the method of Walkley and Black
176 (1934), modified by Tyurin (1951). The Kjeldahl method was used to calculate
177 total N^+ (Bremner, 1965). The $CaCO_3$ equivalent was determined using the
178 manometric method of Williams (1948). A saturation extract was prepared from
179 each sample (US Salinity Laboratory Staff, 1954) to determine its electrical
180 conductivity. Calcium and magnesium in the saturation extracts were determined
181 by atomic-absorption spectroscopy and potassium and sodium by flame
182 photometry. NO_2^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- in the saturation extracts were determined by
183 high-precision liquid chromatography (HPLC).

184 Lithological data were obtained from geological maps published by the
185 Spanish Institute for Geology and Mining (Instituto Geológico y Minero de

186 España) (IGME, 1980) and were divided into the following categories: 1)
187 carbonate rocks, including limestones, dolomites, marbles, limestone crusts and
188 conglomerates; 2) siliceous rocks, including micaschists, phylites and quartzites;
189 3) silts with clay; 4) sands; and 5) marls with gypsum.

190 The ages of the afforestations and previous land use data were provided by
191 the Andalusian Council for Agriculture and Fisheries (Consejería de Agricultura y
192 Pesca). Proportional covers of *P. halepensis* and *Q. ilex* subsp. *ballota* measured
193 within the sampled afforestations were also included as land-use variables.

194

195 **2.3. Statistical analyses**

196 Multivariate data analyses were made to explore the underlying structures in
197 the species composition and the species-environment relationships using
198 CANOCO for Windows v 4.5[®] (Microcomputer Power, Ithaca, New York, USA)
199 and following the recommendations proposed by ter Braak and Šmilauer (2002)
200 and Lepš and Šmilauer (2003). Firstly, a detrended correspondence analysis
201 (DCA) of the species abundance data was used as an unconstrained ordination
202 method since the gradient of the first axis was longer than 4.0 (standard deviation
203 units of species turnover) (*cf.* Jongman et al., 1995). This DCA was detrended by
204 segments, with log-data transformation and down-weighting to the rare species.
205 Although environmental data do not influence the species and sample ordination,
206 they were included to be projected afterwards onto the ordination diagram as
207 Lepš and Šmilauer (2003) proposed. As a result of this ordination the samples
208 were divided into eight groups, which were then compared by univariate analysis

209 using STATISTIX 8[®] (Analytical Software, Tallahassee, Florida, USA) (one-way
210 ANOVA or the non-parametric Kruskal-Wallis test if homocedasticity was
211 violated). After this, a detrended form of the canonical correspondence analysis
212 (DCCA) was carried out to eliminate the arch effect. This constrained ordination
213 method was used to extract any variation that was directly explicable by the
214 measured environmental variables (standardized). Nominal environmental data
215 had been previously converted into a series of zero/one dummy variables. This
216 analysis was detrended by second-order polynomials, focus scaling on inter-
217 sample distances, Hill's scaling type, log-transformed species data and down-
218 weighting to rare species. An automatic forward selection procedure was used to
219 identify the best related variables to the floristic data and any non-significant ones
220 were removed. A Monte Carlo test was made with the significant variables with
221 an unrestricted and randomized permutation test to assess the significance of the
222 first and all of the canonical axes. Furthermore, several partial ordinations were
223 carried out to decompose the total data variance into the different categories of the
224 selected variables using the variance partitioning procedure (see Borcard et al.,
225 1992; Økland and Eilertsen, 1994).

226 Finally, simple regression analyses were carried out with STATGRAPHICS
227 Plus v 4.0[®] (Manugistics, Rockville, USA) to describe the relationship between
228 biological and environmental variables. We chose the best regression models that
229 explained the highest variability (%) of the dependent variables among different
230 linear and non-linear functions with no specific criteria. Positive or negative

231 correlations were assumed depending upon the definition of the best fitting
232 function. Data are presented as ± 1 SE throughout.

233

234 **2.4. A case study**

235 A total of six farmland afforestations with similar ecological characteristics
236 (2, 3, 4, 9, 10 and 51 in Tab. I) were chosen to be compared with 7 adjacent cereal
237 crops. These cereal crops were sampled in the same way as the rest of the
238 samplings. One-way ANOVAs were carried out to find significant differences in
239 species richness, H' , abundance, cover and species richness by functional groups.

240

241 **3. RESULTS**

242 A total of 275 plant species were identified in the 51 sites sampled. Only 10
243 of these had been artificially introduced: *P. halepensis* (0.66 frequency), *Q. ilex*
244 subsp. *ballota* (0.15), *Pinus pinea* L. (0.06), *Tamarix gallica* L. (0.06), *Prunus*
245 *mahaleb* L. (0.04), *Juniperus phoenicea* L. (0.02), *Olea europaea* L. var.
246 *sylvestris* (Mill.) Lehr. (0.02), *Pinus nigra* J.F. Arnold (0.02), *Prunus avium* L.
247 (0.02) and *Quercus faginea* Lam. (0.02). The rest of the species (all indigenous
248 except *Phalaris canariensis* L.) were divided between 54.3% annuals, 14.3%
249 forbs, 7.2% grasses and 24.1% woody species. Of these species a total of 64
250 (24.2%) belong to a restricted area of distribution (Appendix 1): 33 are endemic to
251 the Iberian peninsula and north Africa (12.5%), 17 are endemic to the Iberian
252 peninsula as a whole (6.4%) and 14 are endemic to the south and southeast of the

253 Iberian peninsula (5.3%). We found only one endangered species (0.4%) that
254 appears in red checklists (*Centaurea pulvinata* (Blanca) Blanca).

255 The mean diversity (H') estimated per sample when the afforested species
256 were included was 2.44 ± 0.07 (min.: 0.71, max.: 3.20) and 2.38 ± 0.07 when they
257 were disregarded. This implies a mean increase of $+2.91\% \pm 0.58$ in the Shannon
258 index.

259

260 **3.1. Unconstrained ordination (DCA)**

261 The length of the gradient of the longest axis in DCA is 8.604 (SD species
262 turnover). This provides an estimate of the beta diversity in the data set and
263 indicates that there are species in the data that show a clear unimodal response
264 along the gradients. It suggests that the use of unimodal ordination methods is
265 quite suitable (Lepš and Šmilauer, 2003). In this case the DCA ordination
266 diagram provides a basic overview of the compositional gradients in the data (Fig.
267 1). The general sample distribution in the ordination diagram (upper half of Fig.
268 1) reveals a discontinuous variation in species composition throughout the whole
269 data set and thus several groups can be defined (8). The first axis is by far the
270 longest (eigenvalue: 0.725), explaining about 9.6% of the total species variability,
271 whereas the second axis explains less (eigenvalue: 0.431, percentage of variance
272 of the species data: 5.8%). Both axes correlate well with the environmental data
273 ($r_{\text{axis1}}=0.99$, $r_{\text{axis2}}=0.93$), which suggests that the data set is governed by at least
274 two dominant gradients.

275 The projection of the environmental variables (lower half of Fig. 1) reveals
276 that the first axis correlates negatively with a lot of edaphic variables related to
277 soil salinity (Cl^- , SO_4^{-2} , electrical conductivity etc.). The position of the arrows
278 suggests that there is a group of variables highly correlated with each other. The
279 second axis is, however, more difficult to interpret.

280

281 **3.2. Analyses of groups**

282 Abundance and cover are similar between the groups, as is the proportion of
283 bare soil (Tab. III). Nevertheless, groups 1, 2, 7 and 8 show other notable
284 differences between each other and between the rest of the groups, these latter
285 being all fairly similar.

286 Sample groups 1 and 2 stand out because of their being located in a clearly
287 agricultural matrix, away from any patches of native vegetation, dense scrub or
288 *Quercus* woods, and also at the lowest altitudes sampled, with lower precipitation
289 and a higher average temperature. The soils of these samples are developed upon
290 gypsum-bearing marls with a low gravel content, high CaCO_3 and high electrical
291 conductivity, together with high soluble Ca^{+2} and SO_4^{-2} contents. In group 1 there
292 are also high concentrations of Cl^- , soluble K^+ , Mg^{+2} and Na^+ , and organic carbon.
293 Species richness and H' are low in both groups, especially group 1.

294 Unlike these two groups, the samples from group 7 was situated in the
295 higher zones of the study area, farther away from cultivated land, closer to
296 *Quercus* woods and with a higher average precipitation. The soils of these
297 samples are developed upon siliceous rocks and contain lower concentrations of

298 CaCO₃, larger proportions of sand and higher concentrations of NO₂⁻ and NO₃⁻,
299 and have a lower pH than the rest of the samples. They are also rich in woody and
300 grasses species.

301 All the samples from group 8 were uncultivated at the time of their
302 afforestation and were close to patches of dense scrub. They are particularly rich
303 in woody species. From the edaphic point of view, this group is similar to groups
304 3, 4, 5 and 6, which are developed upon carbonate rocks. Their altitude and
305 climatic conditions are average among the sample groups and they are low in
306 salinity. Nevertheless, these groups are particularly rich in annual species
307 compared to group 8.

308

309 **3.3. Constrained ordination (DCCA)**

310 We ran an automatic forward selection to obtain the marginal and
311 conditional effects of the variables (the independent effect of each variable and
312 the effects that each variable brings in addition to all the variables already
313 selected). With this procedure we were able to identify 11 significant, largely
314 uncorrelated variables, which were included in the final DCCA (Tab. IV).
315 Although soluble Mg⁺², Na⁺, Ca⁺² and SO₄⁻² were very important factors for
316 species composition (high marginal effects), none was chosen, probably because
317 of their close correlation with electrical conductivity, soluble K⁺, Cl⁻
318 concentration etc. In the same way precipitation was not chosen because of its
319 close correlation with altitude.

320 The eigenvalues for axes 1 and 2 of the DCCA are 0.710 and 0.467
321 respectively. The total variance in the species data is 7.519 (total inertia) and the
322 estimated total variation explained by the chosen variables is 3.073 (40.87%). The
323 Monte Carlo significance test applied to the first canonical axis is highly
324 significant (F -ratio=4.064, P =0.0020), as it is for all the canonical axes (F -
325 ratio=2.451, P =0.0020). The ordination diagram in Figure 2 shows the
326 relationships between the environmental variables and the groups set out in the
327 DCA. The first axis shows a clear salinity gradient along which the samples from
328 group 1 are distributed, whilst the second axis shows a climatic gradient to which
329 the nominal variables related to the lithology are attached. The samples belonging
330 to group 7, situated at high altitudes upon siliceous rocks, with lower average
331 temperatures, stand out here.

332 Via the variance partitioning procedure (Fig. 3) we found that a great deal of
333 the variation explicable by the environmental variables is due to edaphic and
334 lithological factors, although another important part can be put down to climatic
335 factors such as mean temperature and altitude (this latter correlating closely with
336 annual precipitation) and former land use.

337

338 **3.4 Simple regression analyses**

339 Numerous linear and non-linear relationships were established between the
340 diversities of plant species and the rest of the variables taken into account (Tab.
341 V). The relationships between diversity and concentrations of SO_4^{-2} , Cl^- , soluble
342 and exchangeable ions, soil moisture and clay content are particularly significant

343 and decreasing. The linear negative relationships between diversity and soil
344 fertility (total N, organic carbon) and available water are equally notable.

345 Diversity increases concomitantly with precipitation and altitude, and also
346 with the sand content of the soil, although it falls with mean temperature.
347 Nevertheless, this depends upon the functional species group in question. In fact,
348 H' is clearly positively influenced by the richness in annuals and forbs, whilst
349 richness in annuals is negatively related to richness in woody plants. Richness in
350 woody species is, on the other hand, positively related with grasses and negatively
351 related with *P. halepensis* cover.

352 Woody species and grasses are more closely related to the geographic
353 variables than are the annuals and forbs. In general, an increase in the distance
354 between the afforestations and *Quercus* woods has a linear, negative effect upon
355 the diversity of plant species (H').

356

357 **3.5. A study case**

358 No significant differences can be seen in total species abundance and cover
359 between afforestations ($n=6$) and adjacent cereal crops ($n=7$), but if spontaneous
360 species (excluding cereals and afforested species) are taken into account, species
361 cover is manifestly higher in the afforestations ($61.16\% \pm 5.14$) than in the crops
362 ($24.14\% \pm 3.84$) ($F=34.5$, $df=1$, $P=0.000$). Total species richness is also clearly
363 higher in the afforestations ($F=13.3$, $df=1$, $P=0.003$), increasing from 12.00 *sp.* \pm
364 1.04 in the crops to 21.33 *sp.* ± 2.49 in the afforestations, i.e. an average increase
365 of $43.02\% \pm 4.85$. In the same way, H' is significantly higher in the afforestations

366 when all the species are taken into account ($H'=2.41 \pm 0.23$; $F=14.3$, $df = 1$,
367 $P=0.003$) and when the afforested species are disregarded ($H'=2.31 \pm 0.27$;
368 $F=18.2$, $df=1$, $P=0.001$). In the cereal crops H' is 1.47 ± 0.11 when all the species
369 are taken into account and 1.14 ± 0.09 when the cereal itself is disregarded. In the
370 light of these results it may be inferred that when a cereal crop is afforested under
371 the ecological conditions prevailing in this study there may be an average increase
372 of $39.63\% \pm 3.74$ in the Shannon-Wiener index when all the species are taken into
373 account and $50.01\% \pm 4.27$ when counting only spontaneous species.

374

375 **4. DISCUSSION**

376 Unlike other agri-environmental schemes, in which most species
377 encountered belong to a small set of common species that can be found in a wide
378 range of habitats (Kleijn et al., 1998), in our study 24.2% of the species identified
379 are either endemic or grow within a restricted area, although only one species is
380 catalogued as being in danger. The estimated indices of diversity are fairly high
381 ($H'=2.44\pm 0.07$), in a similar way to numerous Mediterranean plant communities
382 neighbouring the study area (Sanz-Herráiz, 2002). This may be helped by the low-
383 density plantation used (300-500 stem ha⁻¹), and in fact no negative relationship
384 can be found between *P. halepensis* cover in the sample plots and the diversity of
385 plant species, except in the case of woody plants (see Tab. V).

386 In strict terms of diversity, the artificially introduced species only result in
387 an increase in the Shannon-Wiener index of $+2.91\%\pm 0.58$ compared to the total
388 brought about by self-sown species that have colonised the afforestations,

389 although it must be born in mind that the former are the only tree species growing
390 in the sampled farmland afforestations.

391 Most of the variation in the composition of the floristic vegetation explicable
392 by the environmental variations can be put down to edaphic and lithological
393 factors, although climatic factors such as mean temperature and elevation (this
394 latter correlating closely with precipitation) also explain a significant part of the
395 variations and, to a lesser extent, previous land use.

396 Within this context, various studies have highlighted the influence that
397 geographic, climatic, edaphic and human management factors have on the
398 variation of plant species composition on a large scale (French et al., 2007; Fried
399 et al., 2008). This opens the way for important developments in encouraging
400 regional species richness if, via suitable planning and management of farmland
401 afforestation schemes, we attempt to embrace the widest possible variety of
402 ecological characteristics and maximise the spending of taxpayers' money in
403 terms of biodiversity (Gilliams et al., 2005; Gimona and van der Horst, 2007).

404 Especially relevant is the negative relationship between species diversity and
405 the edaphic variables concerning salinity, fertility and soil humidity, which has
406 been recorded previously for old fields in the study area (Cañadas, 2008) and for
407 other arid zones with saline soils and hydromorphic conditions.

408 In our study, diversity increases concomitantly with altitude, annual
409 precipitation, gravel and sand content and lower pH values, all of which coincides
410 with the findings of Lososova et al. (2004) and Fried et al. (2008) for weed
411 vegetation on arable lands. These authors suggest the possibility of a side effect of

412 lower agricultural intensity in upland areas. In our study area these more diverse
413 plots are also found closer to *Quercus* woods, which might go some way to
414 explaining our results. It has in fact been demonstrated that the presence of natural
415 or semi-natural habitats, which increase the species pool in the local environment,
416 make a positive contribution to the biodiversity in agri-ecosystems (Boutin et al.,
417 2008). In our study area it increases especially the richness of grasses and woody
418 species. With this in mind, some authors claim the most efficient way of
419 achieving high species diversity in afforestations is to site them close to
420 indigenous woodlands (Wulf, 2004).

421 As far as land usage is concerned, native species richness, cover and H' are
422 significantly higher in the afforestations than in the neighbouring cereal crops,
423 which causes a mean increase of $+50.01\% \pm 4.27$ in the Shannon index under the
424 ecological conditions prevailing in our study. Although these conditions are very
425 specific it would seem that the farmland afforestation of arable land may be quite
426 effective as far as biological conservation is concerned.

427

428 **5. CONCLUSIONS**

429 We have provided here some new data concerning the effects that the
430 European programme for the afforestation of agricultural land is having on
431 biodiversity in a Mediterranean context. Through objective monitoring and
432 evaluation we have shown that the reconversion of arable lands or agricultural
433 marginal areas into forests could have a positive effect on regional plant species
434 diversity in Mediterranean areas. The effectiveness of such conversions depends

435 upon the characteristics of the local environment, the previous use of the land, the
436 proximity of woods and autochthonous vegetation and, very possibly, the initial
437 density of the forest plantation.

438 On the basis of our results we propose that agricultural land should be
439 afforested according to a process of previous planning, following technical and
440 territorial criteria designed to guarantee a maximum return for the funding
441 provided. These criteria cannot be applied in general terms, however, due to the
442 specific nature of the aid scheme in the various different countries of the EU.

443 As far as the Mediterranean environment is concerned, we propose that:

444 - Afforestation should be undertaken with low-density stands (300-500 stem
445 ha-1) to allow native vegetation processes to take their course and at the same
446 time avoid undue fire risks.

447 - Afforestation should be undertaken on the widest possible variety of
448 farmland admissible to the scheme in order to enhance local species richness.

449 - Priority should be given to afforesting erstwhile agricultural land in the
450 vicinity of areas of native vegetation or well-preserved indigenous woodlands. If
451 this is unrealistic, afforestations should be supplemented with a greater diversity
452 of species, including woody plants and perennial grasses.

453 - Afforestation plans should focus primarily upon arable lands because the
454 subsidies for this type of terrain will probably show a higher return in terms of
455 increases in plant species diversity (up to 50%).

456 - Afforestation should be avoided in land turned over to cereal crops in areas
457 that are of special interest in the preservation of plain-dwelling birds.

458 - Afforestation of agricultural land should be planned so as break up the
459 homogeneous ploughed landscapes that have become so common since the rise in
460 popularity of intensive farming. In these environments, afforestations could imbue
461 the landscape with a mosaic of semi-natural habitat islands in a “sea of cultural
462 steppe” and thus provide the most promising source populations to enhance
463 biodiversity in agricultural landscapes (Duelli and Obrist, 2003).

464 -Afforestation of agricultural land should also be looked on as a way of
465 creating or consolidating ecological corridors.

466

467 **Acknowledgements** : This work was supported by a predoctoral grant from the
468 Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA) and a research grant from the
469 INIA-CCAA (European Social Funds). We thank the INIA for financial support
470 provided by project RTA2005-00009-C02-01. We are grateful to the Delegación
471 de Agricultura y Pesca de Granada and the Oficinas Comarcales Agrarias for
472 providing us with valuable information about the farmlands and to the Instituto
473 Nacional de Meteorología for giving us their meteorological data. We thank F. J.
474 Bonet for sharing his geographical data with us and we are also grateful to A. L.
475 Tate for the English translation of our text.

476

477 **REFERENCES**

478 Aguilar J., Martín F., Díez M., Sierra M., Fernández J., Sierra C., Ortega E. and
479 Oyonarte C., 2006. Mapa Digital de Suelos: Provincia de Granada,

480 Dirección General para la Biodiversidad, Ministerio de Medio Ambiente,
481 Madrid.

482 Borcard D., Legendre P. and Drapeau P., 1992. Partilling out the spatial
483 component of ecological variation. *Ecology* 73: 1045-1055.

484 Boutin C., Baril A. and Martin P.A., 2008. Plant diversity in crop fields and
485 woody hedgerows of organic and conventional farms in constrasting
486 landscapes. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 123: 185-193.

487 Bremner J.M., 1965. Nitrogen availability indexes. In: Black C.A., Evans D.D.,
488 Esminger T.E. and Clark, F.E. (Eds.), *Methods of Soil Analysis. Part. 2.*
489 *Chemical and Microbiological Properties*, American Society of
490 Agronomy, Madison, pp. 1324-1345.

491 Cabezudo B., Talavera S., Blanca G., Salazar C., Cueto M., Valdés B.,
492 Hernández-Bermejo J.E., Herrera C.M., Rodríguez C. and Navas D., 2005.
493 Lista roja de la flora vascular amenazada de Andalucía, Consejería de
494 Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Sevilla.

495 Cañadas E., 2008. Estudio de tierras agrícolas abandonadas en ambiente
496 mediterráneo semiárido: vegetación, suelos y distribución espacial. Bases
497 para la gestión. PhD Dissertation, University of Granada.

498 Cassel D.K. and Nielsen D.R., 1986. Fields capacity and available water capacity.
499 In: Klute A. (Ed.), *Methods of Soil Analysis. Part. 1: Physical and*
500 *Mineralogical Methods*, ASA, SSSA Monograph No 9, Madison, WI, pp.
501 901-926.

502 Chalmers N. and Parker P., 1989. The OU project guide: fieldwork and statistics
503 for ecological projects, Field Studies Council, Dorchester.

504 Consejería de Medio Ambiente, 2003. Mapa digital de usos y coberturas vegetales
505 del suelo de Andalucía a escala 1:25.000, Junta de Andalucía, Sevilla.

506 Duelli P. and Obrist M.K., 2003. Regional biodiversity in an agricultural
507 landscape: the contribution of seminatural habitat islands. *Basic and*
508 *Applied Ecology* 4: 129-138.

509 FAO, 2006. Global forest resources assessment 2005: progress towards
510 sustainable forest management, FAO, Rome.

511 Fried G., Norton L.R. and Reboud X., 2008. Environmental and management
512 factors determining weed species composition and diversity in France.
513 *Agriculture, Ecosystems and Environment* 128: 68-76.

514 Gilliams S., van Orshoven J., Muys B., Kros H., Heil G.W. and van Deursen W.,
515 2005. AFFOREST sDSS: a metamodel based spatial decision support
516 system for afforestation of agricultural land. *New Forests* 30: 33-53.

517 Gimona A. and van der Horst D., 2007. Mapping hotspots of multiple landscape
518 functions: a case study on farmland afforestation in Scotland. *Landscape*
519 *Ecology* 22: 1255-1264.

520 IGME, 1980. Mapa Geológico de España. Escala 1:50.000, Ministerio de
521 Industria y Energía, Madrid.

522 Jongman R.H.G., ter Braak C.J.F. and van Tongeren O.F.R., 1995. Data analysis
523 in community and landscape ecology, Cambridge University Press, UK.

524 Kleijn D., Joenje W., Le Coeur D. and Marshall E.J.P., 1998. Similarities in
525 vegetation development of newly established herbaceous strips along
526 contrasting European field boundaries. *Agriculture, Ecosystems and*
527 *Environment* 68: 13-26.

528 Kleijn D. and Sutherland W.J., 2003. How effective are European agri-
529 environment schemes in conserving and promoting biodiversity? *Journal*
530 *of Applied Ecology* 40: 947-969.

531 Kleijn D., Baquero R.A., Clough Y., Díaz M., De Esteban J., Fernández F.,
532 Gabriel D., Herzog F., Holzschuh A., Jöhl R., Knop E., Kruess A.,
533 Marshall E.J.P., Steffan-Dewenter I., Tschardtke T., Verhulst J., West
534 T.M. and Yela J.L., 2006. Mixed biodiversity benefits of agri-environment
535 schemes in five European countries. *Ecological Letters* 9: 243-254.

536 Lepš J. and Šmilauer P., 2003. *Multivariate analysis of ecological data using*
537 *CANOCO*, Cambridge University Press, UK.

538 Lososova Z., Chytrý M., Cimalova S., Kropac Z., Otypkova Z., Pysek P. and
539 Tichý L., 2004. Weed vegetation of arable land in Central Europe:
540 gradients of diversity and species composition. *Journal of Vegetation*
541 *Science* 15: 415-422.

542 Madsen, L.M., 2002. The Danish afforestation programme and spatial planning:
543 new challenges. *Landscape and Urban Planning* 58: 241-254.

544 Médail F. and Quézel P., 1999. Biodiversity Hotspots in the Mediterranean Basin:
545 getting Global Conservation Priorities. *Conservation Biology* 13(6): 1510-
546 1513

- 547 Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA), 2006. Forestación de
548 tierras agrícolas: Análisis de su evolución y contribución a la fijación del
549 carbono y al uso racional de la tierra. Ed. Dirección General de Desarrollo
550 Rural, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.
- 551 Montiel C., 2006. The restoration of forest landscapes through farmland
552 afforestation measures in Spain. In: Agnoletti M. (Ed.), The conservation
553 of cultural landscapes, CAB International, Wallingford, UK, pp. 195-208.
- 554 Økland R.H. and Eilertsen O., 1994. Canonical correspondence analysis with
555 variation partitioning: some comments and an application. *Journal of*
556 *Vegetation Science* 5: 117-126.
- 557 Oxbrough A.G., Gittings T., O'Halloran J., Giller P.S. and Kelly T.C., 2007.
558 Biodiversity of the ground-dwelling spider fauna of afforestation habitats.
559 *Agriculture, Ecosystems and Environment* 120: 433-441.
- 560 Pithon J.A., Moles R. and O'Halloran J., 2005. The influence of coniferous
561 afforestation on lowland farmland bird communities in Ireland: different
562 seasons and landscape contexts. *Landscape and Urban Planning* 71: 91-
563 103.
- 564 Rivas-Martínez S. and Loidi J., 1999. Bioclimatology of the Iberian Peninsula.
565 *Itinera Geobotanica* 13: 41-47.
- 566 Sánchez-Palomares O., Sánchez-Serrano F. and Carretero M.P., 1999. Modelos y
567 cartografía de estimaciones climáticas termopluviométricas para la España
568 Peninsular, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.

569 Santos T., Tellería J.L., Díaz M. and Carbonell R., 2006. Evaluating the benefits
570 of CAP reforms: Can afforestations restore bird diversity in Mediterranean
571 Spain? *Basic and Applied Ecology* 7: 483-495.

572 Sanz Herráiz C., López N. and Molina P., 2002. Influencia de las repoblaciones
573 forestales en la evolución de las comunidades vegetales y orníticas de la
574 sierra de los Filabres (Almería). *Ería* 58: 157-176.

575 Soil Conservation Service, 1972. Soil Survey laboratory Methods and procedures
576 for collecting soils samples, Soil Surv. Report 1. U.S.D.A, Washington
577 DC, USA.

578 ter Braak C.J.F. and Šmilauer P., 2002. CANOCO Reference Manual and
579 CanoDraw for Windows, User's guide: Software for Canonical
580 Community Ordination (Version 4.5), Microcomputer Power, Ithaca, NY.

581 Tyurin I.V., 1951. Analytical procedure for a comparative study of soil humus.
582 *Trudy Pochr. Institute Dokuchaeva* 38.

583 US Salinity Laboratory Staff, 1954. Diagnosis and improvement of saline and
584 alkali soils. Handbok 60, US Department of Agriculture, Washington DC.

585 Walkley A. and Black I.A., 1934. An examination of Degtjareff method for
586 determining soil organic matter and a proposed modification of the cronic
587 titration method. *Soil Science* 34: 29-38.

588 Whitfield J., 2006. How green was my subsidy? *Nature* 439: 908-909.

589 Williams D.E., 1948. A rapid manometric method for the determination of
590 carbonate in soils. *Soil Science Society of America Proceedings* 13: 27-
591 129

592 Wulf M., 2004. Plant species richness of afforestations with different former use
593 and habitat continuity. *Forest Ecology Management* 195: 191-204.
594

Table I. Summary of study sites, including numerical code for each site, location (localities, UTM coordinates, elevation), age of afforestation, previous land use, lithology and groups with species composition similarity obtained by detrended correspondence analysis (DCA). * Samples selected for the case study.

Code	Localities	UTM X	UTM Y	Elevation (m)	Age (year)	Previous land use	Lithology	Groups
1	Guadix	491252	4142851	979	10	Cereal crop	Sands	5
2*	Gor	503025	4138664	1246	10	Wasteland	Carbonate rocks	3
3*	Huéneja	498099	4121363	1099	8	Cereal crop	Carbonate rocks	5
4*	Fonelas	492404	4136511	1082	10	Cereal crop	Carbonate rocks	4
5	Lugros	480746	4121025	1230	6	Wasteland	Siliceous rocks	6
6	Baza	518700	4143892	1100	6	Wasteland	Carbonate rocks	8
7	Baza	518642	4143462	1097	8	Wasteland	Carbonate rocks	6
8	Caniles	529078	4132667	1138	5	Wasteland	Siliceous rocks	6
9*	Baza	508488	4143042	1213	9	Wasteland	Carbonate rocks	4
10*	Baza	512714	4148008	1112	9	Cereal crop	Carbonate rocks	3
11	Cúllar	553332	4156314	1245	12	Cereal crop	Siliceous rocks	3
12	Cúllar	547083	4163754	1145	9	Cereal crop	Carbonate rocks	5
13	Baza	533782	4149501	974	9	Cereal crop	Carbonate rocks	4
14	Cúllar	533210	4156670	869	7	Cereal crop	Marls with gypsum	1
15	Cúllar	532966	4156366	875	7	Cereal crop	Marls with gypsum	2
16	Cúllar	553237	4156304	1244	12	Cereal crop	Siliceous rocks	3
17	Benamaurel	529021	4165415	720	11	Cereal crop	Marls with gypsum	2
18	Benamaurel	529208	4165475	720	11	Cereal crop	Marls with gypsum	1
19	Benamaurel	528937	4165614	720	11	Cereal crop	Marls with gypsum	1
20	Cúllar	534971	4161551	882	9	Cereal crop	Marls with gypsum	2
21	Cúllar	536693	4166685	840	11	Cereal crop	Marls with gypsum	1
22	Orce	542796	4172556	960	11	Cereal crop	Silts with clay	4
23	Orce	554723	4174664	992	11	Cereal crop	Carbonate rocks	2
24	Orce	553684	4175937	969	10	Cereal crop	Silts with clay	5
25	Orce	553198	4176809	946	10	Wasteland	Silts with clay	8
26	Orce	552468	4177172	938	12	Wasteland	Silts with clay	8
27	Huéscar	543686	4184491	984	8	Wasteland	Carbonate rocks	5
28	Charches	506450	4128824	1655	9	Wasteland	Carbonate rocks	7
29	Gor	502420	4133487	1606	6	Cereal crop	Carbonate rocks	3
30	Gorafe	500762	4148949	923	5	Wasteland	Sands	5
31	Caniles	527541	4128574	1505	5	Wasteland	Siliceous rocks	6
32	Caniles	528149	4125143	1588	5	Wasteland	Siliceous rocks	7
33	Caniles	527040	4121991	1939	5	Wasteland	Siliceous rocks	7
34	Caniles	524211	4120910	1915	8	Cereal crop	Siliceous rocks	7
35	Caniles	523996	4120991	1920	8	Wasteland	Siliceous rocks	7
36	Orce	552669	4178042	940	9	Cereal crop	Silts with clay	4
37	Orce	553067	4176499	960	10	Wasteland	Silts with clay	8
38	Orce	552328	4176612	963	10	Wasteland	Silts with clay	8
39	Huéscar	545856	4186004	1080	11	Cereal crop	Carbonate rocks	5
40	Caniles	531935	4138291	1040	9	Cereal crop	Carbonate rocks	4
41	Caniles	530917	4136989	1060	6	Wasteland	Carbonate rocks	6
42	Cúllar	532977	4156220	881	7	Cereal crop	Carbonate rocks	1
43	Cúllar	533532	4155903	889	7	Wasteland	Marls with gypsum	2
44	Charches	505282	4128698	1489	9	Cereal crop	Siliceous rocks	6
45	Charches	505557	4129390	1560	9	Wasteland	Siliceous rocks	6
46	Charches	506668	4128649	1669	7	Wasteland	Siliceous rocks	7
47	Huéneja	508395	4122051	1254	6	Wasteland	Siliceous rocks	6
48	Huéneja	507382	4122463	1234	8	Wasteland	Carbonate rocks	6
49	Huéneja	507468	4122348	1236	8	Wasteland	Carbonate rocks	6
50	Charches	507903	4130512	1828	7	Wasteland	Carbonate rocks	7
51*	Huéneja	507738	4121843	1238	11	Cereal crop	Carbonate rocks	5

Table II. Environmental data collected for each farmland afforestation. *Nominal variables.

<i>a) Geographic data</i>	
Elevation above sea level	m
Coordinate UTM X	
Coordinate UTM Y	
Distance to crops (d_crops)	m
Distance to natural vegetation (d_n veg)	m
Distance to shrub patches (d_shru)	m
Distance to <i>Quercus</i> woods (d_Qu il)	m
<i>b) Climatic data</i>	
Annual Precipitation (Pp)	mm
Mean Temperature	°C
<i>c) Edaphic data</i>	
Exchangeable magnesium (Mg)	Cmol+Kg ⁻¹
Exchangeable potassium (K)	Cmol+Kg ⁻¹
Available water (AW)	%
Soil moisture at field capacity (33 kPa) (SM33)	%
Soil moisture of the wilting point (1500 kPa) (SM1500)	%
Water saturation (WS)	%
Gravels (> 2 mm)	%
Sand (2- 0.05 mm)	%
Coarse silt (0.05- 0.02 mm) (CSilt)	%
Fine silt (0.02-0.002 mm) (FSilt)	%
Clay (< 0.002 mm)	%
Cation exchange capacity (CEC)	Cmol+Kg ⁻¹
Organic carbon (OC)	%
Electrical conductivity (EC)	mS/cm
Soluble calcium (s_Ca)	mg/l
Soluble magnesium (s_Mg)	mg/l
Soluble potassium (s_K)	mg/l
Soluble sodium (s_Na)	mg/l
Calcium carbonate (CaCO ₃)	%
pH	
Total nitrogen (N)	%
NO ₂ ⁻ (NO ₂)	mg/l
NO ₃ ⁻ (NO ₃)	mg/l
SO ₄ ²⁻ (SO ₄)	mg/l
Cl ⁻ (Cl)	mg/l
<i>d) Geological data</i>	
Lithology*	
<i>e) Land use data</i>	
Age of afforestation	years
Previous land use (cereal crop or wasteland)*	
Cover of <i>Pinus halepensis</i> (c_Pi ha)	%
Cover of <i>Quercus ilex</i> subsp. <i>ballota</i> (c_Qu il)	%

Table III. Mean \pm SE for biological variables and environmental factors included in the DCA ordination models for each stand group. Different letters indicate significant differences between groups at 95% confidence level. LSD multiple-comparison tests were used in all cases. For abbreviations see Table 2.

	1 (n=5)	2 (n=5)	3 (n=5)	4 (n=6)	5 (n=8)	6 (n=10)	7 (n=7)	8 (n=5)
<i>(a) Biological data</i>								
Abundance	80.4 \pm 4.24a	82.2 \pm 3.81a	107.8 \pm 5.79a	100.5 \pm 15.23a	110 \pm 11.49a	92.7 \pm 7.79a	103.86 \pm 6.33a	74.4 \pm 5.29a
Total cover	71.6 \pm 2.22a	64.2 \pm 2.20a	67.2 \pm 5.06a	64.83 \pm 7.28a	70.12 \pm 5.39a	66.1 \pm 4.23a	74.85 \pm 4.04a	58.4 \pm 3.90a
c_Pi ha	0 \pm 0.00c	4.8 \pm 1.65bc	12.2 \pm 5.71a	8.33 \pm 1.99ab	7.75 \pm 1.97ab	4.4 \pm 1.42bc	1.14 \pm 1.14c	4.4 \pm 1.07bc
c_Qu il	0.00 \pm 0.00a	0.00 \pm 0.00a	0.40 \pm 0.40a	0.00 \pm 0.00a	0.12 \pm 0.12a	0.20 \pm 0.13a	0.71 \pm 0.42a	0.20 \pm 0.20a
Total richness	11.6 \pm 2.44b	19.00 \pm 1.67ab	28.6 \pm 3.69a	24.5 \pm 3.22ab	24.87 \pm 2.68ab	24.60 \pm 1.72ab	20.71 \pm 2.32ab	19.80 \pm 2.92ab
H'	1.38 \pm 0.26b	2.34 \pm 0.15ab	2.77 \pm 0.14a	2.53 \pm 0.24ab	2.27 \pm 0.21ab	2.65 \pm 0.09a	2.41 \pm 0.11ab	2.43 \pm 0.15ab
Bare soil								
Annuals richness	27.40 \pm 2.71a	30.00 \pm 2.28a	20.00 \pm 2.28a	26.66 \pm 6.34a	21.12 \pm 4.38a	29.30 \pm 3.43a	22.42 \pm 3.56a	36.80 \pm 3.69a
Forbs richness	6.00 \pm 2.60cd	11.00 \pm 1.76bc	22.00 \pm 3.16a	17.66 \pm 2.75a	16.12 \pm 2.05ab	11.20 \pm 0.96bc	6.28 \pm 2.19cd	4.00 \pm 1.04d
Grasses richness	0.40 \pm 0.24c	2.00 \pm 0.54bc	2.60 \pm 0.74abc	4.50 \pm 0.76a	3.37 \pm 0.59ab	3.60 \pm 0.56ab	3.57 \pm 0.75ab	3.60 \pm 1.07ab
Woody richness	1.00 \pm 0.54bc	1.20 \pm 0.73abc	1.20 \pm 0.58abc	0.50 \pm 0.34c	1.12 \pm 0.44bc	2.20 \pm 0.41ab	2.57 \pm 0.36a	2.60 \pm 0.50a
<i>(b) Geographic data</i>								
Elevation	3.80 \pm 0.37b	4.00 \pm 1.14b	1.20 \pm 0.37cd	1.00 \pm 0.36d	2.87 \pm 0.71bc	6.20 \pm 0.46a	7.28 \pm 0.60a	8.00 \pm 1.04a
d_crops	806.00 \pm 35.73a	871.60 \pm 43.53ab	1290.6 \pm 82.95bcd	1034.8 \pm 41.74abc	1052.1 \pm 37.73abc	1280.3 \pm 55.97cd	1787.7 \pm 55.59d	981.40 \pm 29.99abc
d_n veg	0.00 \pm 0.00b	25.23 \pm 15.99ab	0.00 \pm 0.00b	30.61 \pm 24.41ab	102.39 \pm 57.98ab	321.97 \pm 146.06ab	489.50 \pm 116.03a	75.73 \pm 31.08ab
d_shru	185.01 \pm 100.89a	140.94 \pm 133.49a	155.79 \pm 60.31a	61.18 \pm 30.07a	113.03 \pm 71.23a	6.65 \pm 5.63a	0.00 \pm 0.00a	2.82 \pm 2.82a
d_Qu il	1376.70 \pm 584.50a	1669.60 \pm 487.91a	839.99 \pm 252.84a	1821.00 \pm 474.90a	1761.40 \pm 501.05a	1002.00 \pm 212.73a	1455.20 \pm 306.04a	196.35 \pm 50.46a
<i>(c) Climatic data</i>								
Pp	9469.90 \pm 913.44a	7934.80 \pm 1912.00a	921.04 \pm 372.74b	2775.20 \pm 1225.30b	2306.60 \pm 744.89b	1045.20 \pm 590.32b	863.92 \pm 291.30b	1566.30 \pm 382.51b
Temperature	216.8 \pm 3.09c	225.58 \pm 7.31bc	314.10 \pm 24.90ab	260.15 \pm 15.66bc	277.44 \pm 7.18abc	292.60 \pm 16.36abc	413.29 \pm 14.37a	254.32 \pm 3.49bc
<i>(d) Edaphic data</i>								
Gravels	14.50 \pm 0.20a	14.16 \pm 0.22ab	12.36 \pm 0.26bcd	13.36 \pm 0.20abc	13.27 \pm 0.17abc	12.32 \pm 0.17cd	11.11 \pm 0.08d	13.66 \pm 0.16abc
Sand	1.11 \pm 0.76b	11.52 \pm 4.23ab	45.11 \pm 6.48a	40.23 \pm 9.77a	37.18 \pm 6.86ab	45.20 \pm 3.39a	35.26 \pm 6.89ab	23.30 \pm 5.53ab
Csilt	19.60 \pm 13.22b	37.76 \pm 4.44ab	39.64 \pm 3.65ab	40.11 \pm 5.28ab	40.45 \pm 6.51ab	57.90 \pm 3.38a	53.81 \pm 6.41ab	36.66 \pm 6.28ab
Fsilt	10.38 \pm 2.78a	12.30 \pm 1.94a	9.80 \pm 3.75a	10.51 \pm 1.50a	11.61 \pm 1.38a	9.13 \pm 1.02a	10.10 \pm 0.81a	9.30 \pm 2.15a
Clay	35.12 \pm 11.16a	33.30 \pm 5.98a	23.46 \pm 3.06a	22.55 \pm 2.55a	22.22 \pm 4.10a	17.63 \pm 1.87a	20.88 \pm 3.71a	25.40 \pm 2.66a
CEC	34.92 \pm 9.64a	16.62 \pm 1.77bc	27.14 \pm 3.83ab	26.81 \pm 2.71ab	25.71 \pm 3.07ab	15.34 \pm 2.26c	15.21 \pm 2.73c	28.68 \pm 2.60ab
Mg	33.08 \pm 7.68a	8.16 \pm 1.10ab	15.84 \pm 2.46ab	11.66 \pm 2.25ab	11.61 \pm 2.29ab	7.70 \pm 1.76b	9.54 \pm 1.62ab	10.83 \pm 3.12ab
K	9.14 \pm 5.60a	1.52 \pm 0.30a	2.86 \pm 0.64a	2.41 \pm 0.74a	1.82 \pm 0.25a	1.25 \pm 0.21a	0.91 \pm 0.16a	1.92 \pm 0.28a
EC	1.48 \pm 0.16a	0.28 \pm 0.05abc	0.40 \pm 0.07abc	0.46 \pm 0.11abc	0.37 \pm 0.05abc	0.15 \pm 0.02c	0.21 \pm 0.06bc	0.58 \pm 0.15ab
	13.85 \pm 4.32a	2.39 \pm 0.24ab	0.87 \pm 0.06abc	0.89 \pm 0.10abc	0.87 \pm 0.19bc	0.79 \pm 0.08c	0.94 \pm 0.18abc	0.79 \pm 0.19bc

OC	4.02±1.38a	0.66±0.08b	1.22±0.40b	2.04±0.32b	1.02±0.20b	0.91±0.26b	1.59±0.28b	0.90±0.39b
CaCO3	43.20±6.12a	38.96±11.28ab	18.43±7.66bc	36.31±7.73ab	39.45±9.83ab	10.69±3.60c	5.34±3.71c	31.93±10.44ab
pH	8.53±8.53a	7.55±0.13ab	7.80±0.16ab	8.33±0.16a	7.98±0.16ab	7.77±0.17ab	7.33±0.13b	8.30±0.25ab
N	0.25±0.05a	0.06±0.00b	0.14±0.02ab	0.13±0.02ab	0.10±0.01ab	0.08±0.01b	0.11±0.02ab	0.09±0.02ab
SM33	45.30±12.72a	22.39±2.40ab	19.60±2.02ab	18.55±1.53ab	16.93±1.73ab	13.16±1.79b	13.26±2.72b	17.47±1.90ab
SM1500	25.43±6.51a	14.22±1.19ab	10.91±1.05ab	10.92±1.13ab	9.74±0.98ab	7.86±1.46b	6.86±1.36b	10.77±1.82ab
AW	19.87±6.52a	8.17±1.55ab	8.68±1.28ab	7.62±1.29ab	7.19±0.95ab	5.30±0.59b	6.39±1.42ab	6.70±0.79ab
WS	96.25±34.25a	44.49±2.72ab	43.22±3.37ab	44.18±2.78ab	35.84±2.05b	32.55±1.88b	39.18±3.29ab	40.12±2.67ab
s_Ca	52.96±19.09a	21.76±4.49ab	3.72±0.78abc	5.18±0.94abc	3.62±1.03bc	2.29±0.52c	3.13±0.60bc	4.24±1.31abc
s_Mg	302.49±196.78a	1.06±0.21ab	0.72±0.11ab	0.75±0.12ab	0.74±0.27b	0.39±0.07b	0.61±0.10ab	0.57±0.12ab
s_K	26.76±14.67a	0.86±0.19ab	0.21±0.05bc	0.31±0.09abc	0.32±0.14bc	0.14±0.02c	0.62±0.14abc	0.48±0.07abc
s_Na	357.99±240.12a	1.78±0.13ab	2.11±0.42ab	1.18±0.22b	1.71±0.47ab	1.48±0.37b	1.29±0.25b	1.67±0.24ab
NO2	9.13±5.66a	5.60±2.45a	0.51±0.21a	0.31±0.10a	0.35±0.16a	2.72±2.13a	10.41±6.67a	1.67±1.32a
NO3	1.26±1.26a	6.65±6.06a	0.31±0.19a	0.00±0.00a	0.25±0.18a	6.34±6.23a	57.97±38.01a	0.42±0.14a
SO4	21008±15522a	627.84±141.72ab	50.22±25.54abc	58.11±27.93abc	60.48±28.06bc	25.29±9.81c	25.97±10.14abc	22.88±13.02bc
Cl	10524.0±6895.6a	43.94±14.07ab	33.58±4.37ab	25.36±3.00ab	37.89±11.68ab	25.39±5.67b	16.56±1.76b	35.73±12.44ab

Table IV. Results obtained with the automatic forward selection procedure. Marginal effects are the independent effects of each variable on the species data set, and conditional effects are the effects that each variable brings in addition to all the variables already selected. 11 significant, largely uncorrelated variables were identified and included in the final DCCA. For abbreviations see Table 2. Λ =*lambda*. *=Dummy variables.

Marginal effects		Conditional effects			
Variable	Λ	Variable	Λ	<i>P</i>	<i>F</i>
EC	0.67	EC	0.67	0.002	4.78
s_K	0.61	Elevation	0.48	0.002	3.65
s_Mg	0.57	Cl	0.33	0.002	2.54
Cl	0.57	Cereal crops*	0.27	0.002	2.14
s_Na	0.56	Temperature	0.27	0.002	2.22
SO4	0.54	K	0.20	0.002	1.71
s_Ca	0.52	Marls with gypsum*	0.19	0.004	1.61
Elevation	0.51	Siliceous rocks*	0.17	0.016	1.44
WS	0.50	Silts with clay*	0.17	0.016	1.44
Temperature	0.48	s_K	0.16	0.030	1.42
SH33	0.47	WS	0.16	0.022	1.39
K	0.45	AW	0.15	0.082	1.29
SH1500	0.43	CSilt	0.14	0.116	1.23
Pp	0.43	N	0.13	0.156	1.20
AW	0.40	NO3	0.13	0.262	1.15

Table V. Results of simple regression analyses (R^2) made between biological variables (Shannon-Wiener index = H' , total richness and functional-group richness) and the environmental variables. * = $0.05 > P > 0.01$, ** = $0.01 > P > 0.001$, *** = $P < 0.001$. Lineal model = L, Double reciprocal model = DR, Reciprocal-Y model = R-Y, Reciprocal-X model = R-X, Logarithmic X model = Lo, Multiplicative model = M, Square root - Y model = SR-Y and Square root - X model = SR-X. Positive or negative relationships in linear models are indicated.

X/Y	H'	Richness	Annuals	Forbs	Grasses	Woody
Cover of <i>Pinus halepensis</i>	-	-	-	-	-	16.31**L(-)
Elevation	18.59**DR	16.61**DR	-	7.73*R-X	14.62**L(+)	8.40*L(+)
Distance to crops	-	-	-	-	14.07**L(+)	18.96**SR-X
Distance to <i>Quercus</i> woods	21.24***L(-)	19.93**R-Y	-	13.03**SR-Y	7.95*L(-)	-
Distance to natural vegetation	-	-	-	-	9.91*SR-X	18.80*SR-Y
Annual Precipitation	11.78*DR	9.25*DR	-	-	12.99**L(+)	-
Mean Temperature	11.62*L(-)	12.42*R-Y	-	10.19*SR-Y	14.54**L(-)	-
Gravels	16.17**SR-X	12.36*SR-X	-	8.06*SR-X	-	-
Sand	40.65***DR	40.33***DR	-	15.75**R-X	-	-
Coarse silt	-	-	-	-	-	7.68*SR-Y
Clay	25.81***R-Y	24.90***R-Y	-	-	-	9.28*L(-)
Cation exchange capacity	17.19**L(-)	10.63*L(-)	-	16.48**L(-)	-	13.78**R-X
Exchangeable magnesium	61.28***DR	55.43***DR	10.89*R-X	-	8.48*SR-X	-
Exchangeable potassium	41.39***R-Y	40.80***R-Y	11.09*SR-Y	32.40***SR-Y	16.15**R-X	9.88*R-X
Electrical conductivity	63.21***R-Y	60.44***R-Y	19.08**SR-Y	25.62***SR-Y	-	-
Organic carbon	14.95**L(-)	11.71*L(-)	8.85*SR-Y	10.27*L(-)	-	-
Calcium carbonate	8.13*L(-)	-	8.00*R-X	-	14.22**L(-)	14.63**L(-)
pH	11.74*R-Y	9.28*R-Y	-	-	-	-
Total nitrogen	7.62*L(-)	-	-	24.49***SR-Y	-	8.03*R-X
Soil moisture to 33 kPa	21.85***L(-)	14.66**L(-)	9.44*SR-Y	13.09**L(-)	-	11.85*R-X
Soil moisture to 1500 kPa	20.96***L(-)	16.17**L(-)	8.96*SR-Y	14.89**L(-)	10.18*R-X	11.94*R-X
Available water	19.11**L(-)	10.66*L(-)	8.36*SR-Y	9.10*L(-)	-	-
Water saturation	18.71**L(-)	12.35*L(-)	13.81**SR-Y	8.26*L(-)	-	-
Soluble calcium	26.62***L(-)	18.06**L(-)	14.11**SR-Y	13.97**L(-)	-	-
Soluble magnesium	42.87***M	35.49***M	8.56*L(-)	14.32**Lo	-	-
Soluble potassium	38.94***SR-X	37.31***M	18.31**Lo	15.72**Lo	-	-
Soluble sodium	44.59***M	37.96***M	8.20*L(-)	18.85**Lo	-	-
NO ₂ ⁻	-	-	-	-	9.68*L(+)	-
NO ₃ ⁻	-	-	-	-	13.42**L(+)	-
SO ₄ ²⁻	31.54***SR-X	21.00***M	9.11*SR-X	11.29*Lo	-	-
Cl ⁻	45.95***M	36.25***M	10.22*SR-Y	16.52**Lo	16.35**R-X	10.11*R-X
Annuals richness	36.05***L(+)	-	-	-	-	-
Forbs richness	28.73***L(+)	-	8.82*L(+)	-	-	-
Grasses richness	-	-	11.77*L(-)	-	-	-
Woody richness	-	-	30.51***L(-)	-	29.68***L(+)	-

Figure captions

Figure 1. DCA ordination diagram made with species abundance data (265 *sp.*) showing groups of sampled sites (species were omitted for clarity). The length of the first axis is 8.604, and the second axis 4.181; the eigenvalue for the first axis is 0.725 and for the second 0.431 (total inertia 7.519). The first axis explains 9.6% of the variation in the species data and the second explains 5.8%. Environmental variables are projected on lower half of the figure. For abbreviations see Tab. II.

Figure 2. DCCA ordination diagram showing the sampled sites and significant variables selected by automatic forward selection (species were omitted for clarity). The arrows indicate the direction and magnitude of responses. Siliceous rocks, marls, silts and cereal crops are dummy variables. For abbreviations see Tab. II.

Figure 3. Venn diagram showing the results of the variance partitioning procedure. The degree of variation (%) in the floristic data explicable by the environmental variables included in the final model is indicated. The total variation in the species data is 7.519 and the total estimated variation explicable by the model is 3.073 (40.87 %); “other” variables include climatic variables such as altitude and temperature and previous land use such as cereal crops.

Fig. 1

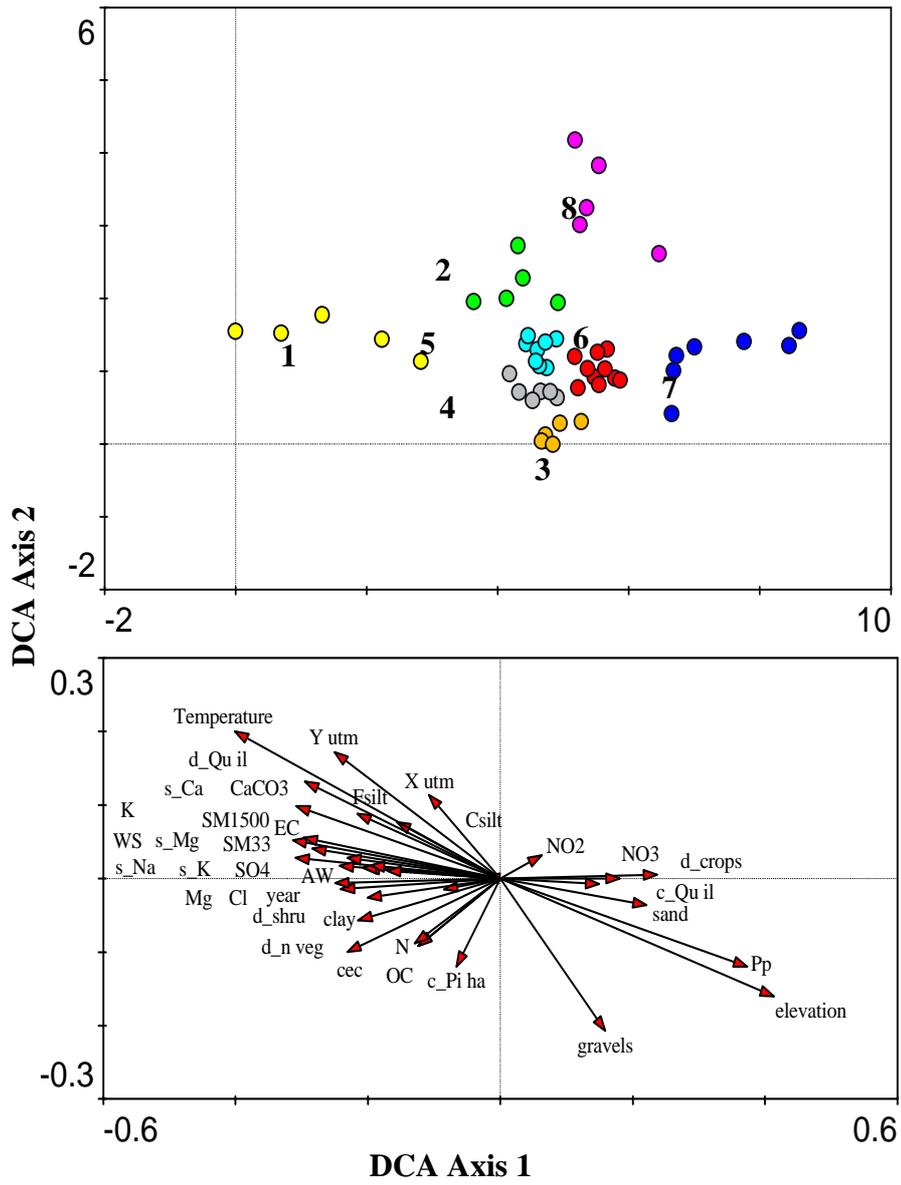


Fig. 2

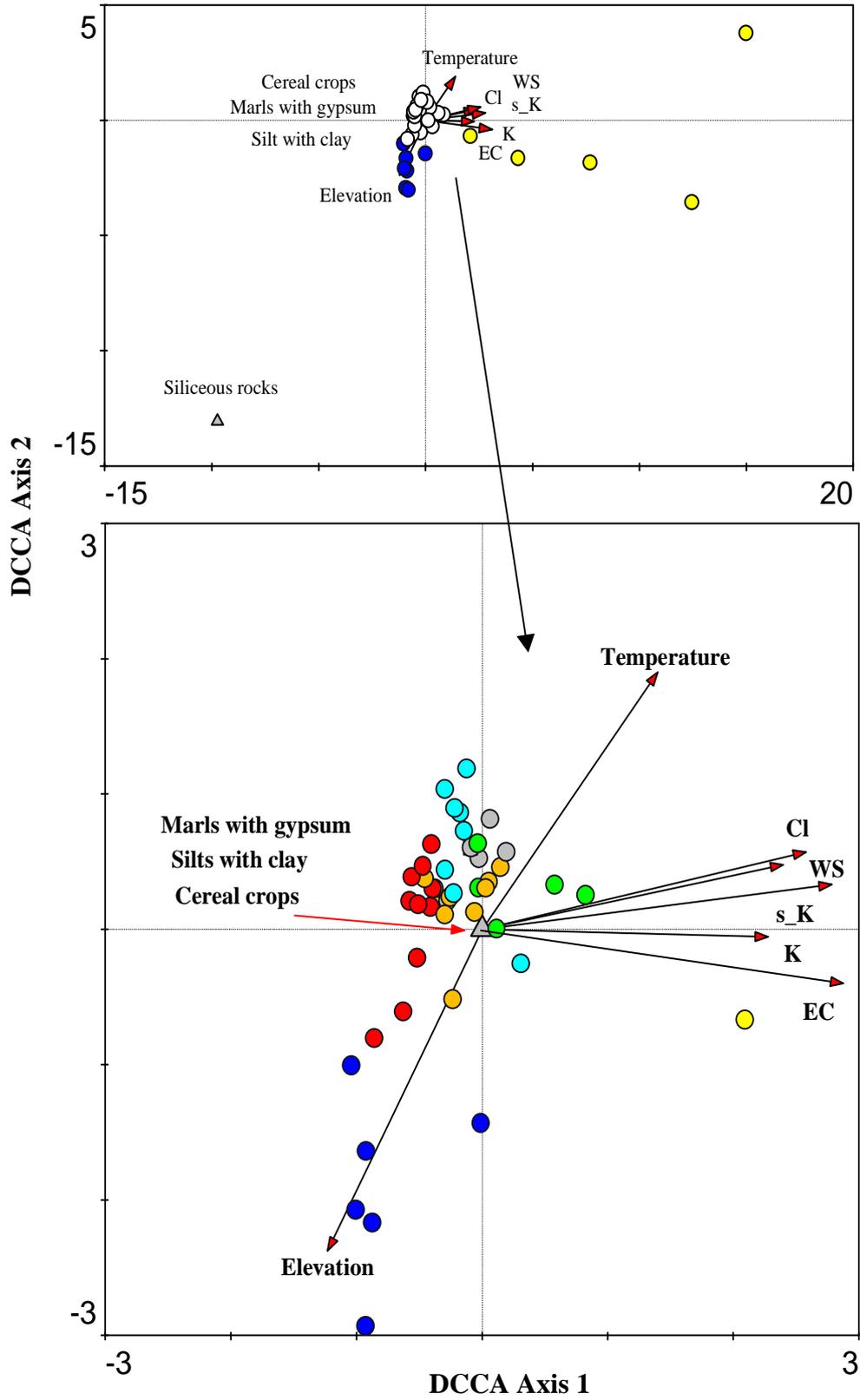
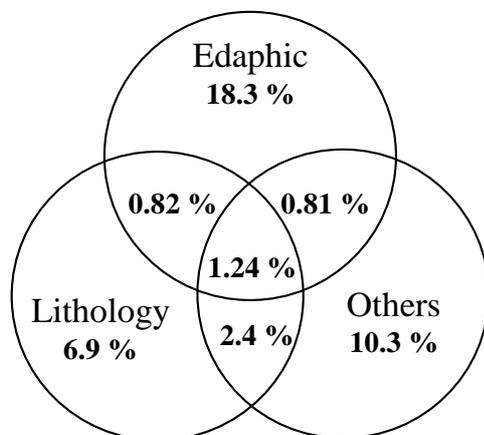


Fig. 3



Appendix 1. List of the species identified in this study. FG= functional groups, D= distribution areal (1= wide, 2= endemic to Iberia-North Africa [includes Baetic – N. African species], 3= endemic to the Iberian peninsula, 4= endemic to the S and SE of the Iberian peninsula, 5= spontaneous non-native species, 6= artificially introduced species by afforestation), A= total abundance, F= frequency (%).

Species	FG	D	A	F
<i>Adonis aestivalis</i> L. subsp. <i>squarrosa</i> (Steven) Nyman	Annual	1	3	5.9
<i>Aegilops geniculata</i> Roth	Annual	1	184	37.3
<i>Aegilops triuncialis</i> L.	Annual	1	38	17.6
<i>Aizoon hispanicum</i> L.	Annual	1	4	3.9
<i>Alyssum granatense</i> Boiss. & Reuter	Annual	2	4	5.9
<i>Alyssum serpyllifolium</i> Desf.	Woody	1	1	2.0
<i>Anacyclus clavatus</i> (Desf.) Pers.	Annual	1	3	5.9
<i>Androsace maxima</i> L.	Annual	1	2	3.9
<i>Andryala integrilolia</i> L.	Annual	1	10	5.9
<i>Andryala ragusina</i> L.	Woody	1	51	29.4
<i>Anthyllis vulneraria</i> L.	Forb	1	13	9.8
<i>Arabis auriculata</i> Lam.	Annual	1	2	2.0
<i>Arenaria armerina</i> Bory	Woody	2	6	3.9
<i>Arenaria modesta</i> Dufour	Annual	1	2	3.9
<i>Armeria villosa</i> Girard subsp. <i>bernisii</i> Nieto Feliner	Forb	4	2	2.0
<i>Arrhenatherum elatius</i> (L.) P.Beauv. ex J.Presl & C.Presl subsp. <i>bulbosum</i> (Willd.) Schübl. & G.Martens	Grass	1	16	7.8
<i>Artemisia barrelieri</i> Besser	Woody	4	138	25.5
<i>Artemisia campestris</i> L. subsp. <i>glutinosa</i> (J. Gay ex DC.) Batt. in Batt. & Trabut	Woody	1	87	29.4
<i>Artemisia herba-alba</i> Asso	Woody	1	13	9.8
<i>Anthemis arvensis</i> L.	Annual	1	2	2.0
<i>Arthrocnemum macrostachyum</i> (Moric.) Moris	Woody	1	7	3.9
<i>Asterolinum linum-stellatum</i> (L.) Duby	Annual	1	7	3.9
<i>Astragalus clusii</i> Boiss.	Woody	3	7	3.9
<i>Astragalus depressus</i> L.	Forb	1	1	2.0
<i>Astragalus hamosus</i> L.	Annual	1	6	3.9
<i>Astragalus incanus</i> L. subsp. <i>incanus</i>	Woody	1	3	5.9
<i>Astragalus sesameus</i> L.	Annual	1	8	9.8
<i>Astragalus stella</i> L.	Annual	1	1	2.0
<i>Atractylis humilis</i> L.	Annual	1	6	7.8
<i>Atriplex glauca</i> L.	Woody	1	9	3.9
<i>Avena barbata</i> Pott ex Link	Annual	1	46	29.4
<i>Avena sativa</i> L.	Annual	1	7	7.8
<i>Avenula bromoides</i> (Gouan) H. Scholz subsp. <i>bromoides</i>	Grass	1	34	19.6
<i>Bellardia trixago</i> (L.) All.	Annual	1	19	19.6
<i>Biscutella auriculata</i> L.	Annual	2	5	9.8
<i>Bombycilaena erecta</i> (L.) Smolj.	Annual	1	2	3.9
<i>Brachypodium distachyon</i> (L.) Beauv..	Annual	1	31	2.0
<i>Brachypodium retusum</i> (Pers.) Beauv.	Grass	1	7	3.9
<i>Bromus diandrus</i> Roth	Annual	1	67	9.8
<i>Bromus hordeaceus</i> L.	Annual	1	1	2.0
<i>Bromus matritensis</i> L.	Annual	1	419	58.8
<i>Bromus tectorum</i> L.	Annual	1	76	35.3
<i>Bufonia tenuifolia</i> L.	Annual	1	8	13.7
<i>Buglossoides arvensis</i> (L.) I. M. Johnston	Annual	1	6	9.8
<i>Bupleurum fruticosum</i> L.	Woody	2	1	2.0
<i>Bupleurum semicompositum</i> L.	Annual	1	9	13.7
<i>Callipeltis cucullaria</i> (L.) Steven	Annual	1	5	3.9
<i>Carduncellus monspelliensium</i> All.	Forb	1	3	2.0
<i>Carlina corymbosa</i> L.	Forb	1	3	5.9
<i>Carthamus lanatus</i> L.	Annual	1	1	2.0
<i>Caucalis platycarpus</i> L.	Annual	1	1	2.0
<i>Centaurea pulvinata</i> (Blanca) Blanca	Woody	4	1	2.0

<i>Centaurea melitensis</i> L.	Annual	1	4	5.9	<i>Eryngium campestre</i> L.	Forb	1	40	39.2
<i>Centaurea ornata</i> Willd.	Forb	3	1	2.0	<i>Erysimum incanum</i> Kunze subsp. <i>mairei</i> (Sennen & Mauricio) Nieto Fel.	Annual	2	2	2.0
<i>Centranthus calcitrapae</i> (L.) Dufresne	Annual	1	6	2.0	<i>Euphorbia serrata</i> L.	Forb	1	41	27.5
<i>Chondrilla juncea</i> L.	Forb	1	71	29.4	<i>Festuca indigesta</i> Boiss.	Grass	4	43	3.9
<i>Convolvulus althaeoides</i> L.	Forb	1	3	3.9	<i>Festuca scariosa</i> (Lag.) Ascherson & Graebner	Grass	2	22	7.8
<i>Convolvulus arvensis</i> L.	Forb	1	4	7.8	<i>Filago lutescens</i> Jordan	Annual	1	14	21.6
<i>Convolvulus lineatus</i> L.	Forb	1	3	3.9	<i>Frankenia pulverulenta</i> L.	Annual	1	3	2.0
<i>Coronilla scorpioides</i> (L.) Koch	Annual	1	26	19.6	<i>Fumana ericoides</i> (Cav.) Gand.	Woody	2	8	3.9
<i>Corynephorus canescens</i> (L.) Beauv.	Grass	1	5	2.0	<i>Fumana procumbens</i> (Dunal) Gren. & Godr.	Woody	1	7	2.0
<i>Corynephorus fasciculatus</i> Boiss. & Reuter	Annual	1	1	2.0	<i>Fumana thymifolia</i> (L.) Spach ex Webb	Woody	1	2	2.0
<i>Crepis capillaris</i> (L.) Wallr.	Annual	1	4	5.9	<i>Fumaria officinalis</i> L.	Annual	1	4	2.0
<i>Crepis foetida</i> L.	Annual	1	7	9.8	<i>Galium divaricatum</i> Pourr. ex Lamk.	Annual	1	45	37.3
<i>Crepis vesicaria</i> L.	Annual	1	87	29.4	<i>Galium verrucosum</i> Huds.	Annual	1	2	3.9
<i>Crucianella angustifolia</i> L.	Annual	1	5	7.8	<i>Genista cinerea</i> (Vill.) DC. in Lam. & DC. subsp. <i>speciosa</i> Losa & Rivas Goday	Woody	1	5	2.0
<i>Crucianella patula</i> L.	Annual	2	10	15.7	<i>Genista pumila</i> (Debeaux & É. Rev. ex Hervier) Vierh. subsp. <i>pumila</i>	Woody	4	3	2.0
<i>Sinapis arvensis</i> L.	Annual	1	3	3.9	<i>Genista scorpius</i> (L.) DC. in Lam. & DC. subsp. <i>scorpius</i>	Woody	1	4	5.9
<i>Crupina crupinastrum</i> (Moris) Vis.	Annual	1	43	23.5	<i>Genista umbellata</i> (L`Hér.) Poiret subsp. <i>umbellata</i>	Woody	2	39	9.8
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Grass	1	1	2.0	<i>Glaucium corniculatum</i> (L.) J. H. Rudolph	Annual	1	1	2.0
<i>Dactylis glomerata</i> L.	Grass	1	113	25.5	<i>Gypsophila struthium</i> L.	Woody	3	2	2.0
<i>Delphinium gracile</i> DC.	Annual	2	2	2.0	<i>Halimium umbellatum</i> (L.) Spach subsp. <i>viscosum</i> (Wilk.) O Bolòs & Vigo	Woody	2	17	2.0
<i>Descurainia sophia</i> (L.) Webb ex Prantl in Engler & Prantl	Annual	1	8	7.8	<i>Hedypnois cretica</i> (L.) Dum.-Courset	Annual	1	1	2.0
<i>Desmazeria rigida</i> (L.) Tutin in Clapham, Tutin & E. F. Warburg	Annual	1	26	19.6	<i>Helianthemum apenninum</i> (L.) Miller subsp. <i>apenninum</i>	Woody	1	39	11.8
<i>Dianthus pungens</i> L. subsp. <i>brachyanthus</i> (Boiss.) Bernal, Fernández Casas, G. López, M. Lainz & Muñoz Garmendia	Woody	2	4	5.9	<i>Helianthemum apenninum</i> (L.) Miller subsp. <i>stoechadifolium</i> (Brot.) Samp.	Woody	1	23	3.9
<i>Dorycnium pentaphyllum</i> Scop.	Woody	1	4	2.0	<i>Helianthemum cinereum</i> (Cav.) Pers. subsp. <i>cinereum</i>	Woody	4	28	7.8
<i>Echinaria capitata</i> (L.) Desf.	Annual	1	3	3.9	<i>Helianthemum hirtum</i> (L.) Mill.	Woody	1	9	5.9
<i>Ephedra distachya</i> L.	Woody	1	3	2.0	<i>Helianthemum nummularium</i> (L.) Mill.	Woody	1	2	2.0
<i>Erodium ciconium</i> (L. et Jusl.) L`Hér. in Aiton	Annual	1	10	2.0	<i>Helianthemum ledifolium</i> (L.) Mill.	Annual	1	3	2.0
<i>Erodium cicutarium</i> (L.) L`Hér. in Aiton	Annual	1	24	19.6					
<i>Eruca vesicaria</i> (L.) Cav.	Annual	1	64	29.4					

<i>Helianthemum salicifolium</i> (L.) Miller	Annual	1	4	5.9	<i>Linaria aeruginea</i> (Gouan) Cav.	Forb	3	1	2.0
<i>Helianthemum sanguineum</i> (Lag.) Lag. ex Dunal	Annual	1	1	2.0	<i>Linaria arvensis</i> (L.) Desf.	Annual	1	4	7.8
<i>Helianthemum squamatum</i> (L.) Dum. Cours.	Woody	2	7	3.9	<i>Linaria hirta</i> (L.) Moench	Annual	3	1	2.0
<i>Helichrysum italicum</i> (Roth) G. Don fil. in Loudon subsp. <i>serotinum</i> (Boiss.) P. Fourn.	Woody	1	37	23.5	<i>Linaria simplex</i> (Willd.) DC. in Lam. & DC.	Annual	1	1	2.0
<i>Herniaria boissieri</i> J. Gay	Woody	4	2	2.0	<i>Linum strictum</i> L. subsp. <i>strictum</i>	Annual	1	24	19.6
<i>Herniaria cinerea</i> DC. in Lam. & DC.	Annual	1	4	5.9	<i>Linum suffruticosum</i> L. subsp. <i>suffruticosum</i>	Woody	2	1	2.0
<i>Herniaria scabrida</i> Boiss. subsp. <i>scabrida</i>	Forb	3	1	2.0	<i>Lithodora fruticosa</i> (L.) Griseb	Woody	1	3	2.0
<i>Hieracium pilosella</i> L.	Forb	1	14	5.9	<i>Lolium rigidum</i> Gaudin	Annual	1	30	25.5
<i>Hippocrepis ciliata</i> Willd	Annual	1	5	7.8	<i>Lotus corniculatus</i> L. subsp. <i>delortii</i> (Timb.-Lagr.) O. Bolós & Vigo	Forb	1	7	2.0
<i>Hirschfeldia incana</i> (L.) Lagreze-Fossat	Annual	1	2	3.9	<i>Lygeum spartum</i> L.	Grass	1	7	3.9
<i>Hordeum leporinum</i> Link	Annual	1	13	13.7	<i>Malcolmia africana</i> (L.) R. Br. in Aiton	Annual	1	2	3.9
<i>Hordeum vulgare</i> L.	Annual	1	1	2.0	<i>Mantisalca salmantica</i> (L.) Briq. & Cavillier	Forb	1	2	2.0
<i>Hymenolobus procumbens</i> (L.) Nutt. in Torr.	Annual	1	4	2.0	<i>Medicago minima</i> (L.) Bartal	Annual	1	101	27.5
<i>Hypocoum pendulum</i> L.	Annual	1	2	3.9	<i>Medicago orbicularis</i> (L.) Bartal	Annual	1	1	2.0
<i>Jasione montana</i> L.	Annual	1	1	2.0	<i>Medicago polymorpha</i> L.	Annual	1	15	7.8
<i>Juncus</i> sp.	Forb	1	2	2.0	<i>Medicago rigidula</i> (L.) All.	Annual	1	19	7.8
<i>Juniperus phoenicea</i> L.	Woody	6	2	2.0	<i>Medicago sativa</i> L.	Forb	1	15	11.8
<i>Jurinea pinnata</i> (Lag.) DC.	Woody	3	6	3.9	<i>Melilotus sulcatus</i> Desf.	Annual	1	6	2.0
<i>Koeleria crassipes</i> Lange	Grass	3	38	7.8	<i>Minuartia dichotoma</i> Loefl. ex L.	Annual	2	2	3.9
<i>Koeleria vallesiana</i> (Honckeny) Gaudin	Grass	1	35	19.6	<i>Minuartia campestris</i> L.	Annual	3	2	3.9
<i>Koeleria vallesiana</i> (Honckeny) Gaudin subsp. <i>castellana</i> (Boiss. & Reuter) Domin	Grass	3	10	2.0	<i>Neatostema apulum</i> (L.) I. M. Johnst.	Annual	1	2	2.0
<i>Lamium amplexicaule</i> L.	Annual	1	3	3.9	<i>Neslia apiculata</i> Fischer	Annual	1	1	2.0
<i>Lasiopogon muscoides</i> (Desf.) DC.	Annual	1	1	2.0	<i>Nonea micrantha</i> Boiss. & Reuter	Annual	2	1	2.0
<i>Lathyrus cicera</i> L.	Annual	1	26	17.6	<i>Olea europaea</i> L. var. <i>sylvestris</i> (Mill.) Lehr	Woody	6	2	2.0
<i>Launaea resedifolia</i> (L.) Kuntze	Woody	1	10	13.7	<i>Onobrychis stenorrhiza</i> DC.	Forb	4	24	7.8
<i>Lavandula latifolia</i> Medicus	Woody	1	6	3.9	<i>Ononis natrix</i> L.	Woody	1	6	5.9
<i>Leontodon taraxacoides</i> (Vill.) Mérat.	Annual	1	14	21.6	<i>Ononis pusilla</i> L. subsp. <i>pusilla</i>	Forb	1	3	5.9
<i>Lepidium subulatum</i> L.	Woody	2	16	7.8	<i>Ononis mitissima</i> L.	Annual	1	2	3.9
<i>Leuzea conifera</i> (L.) DC. in Lam. & DC.	Forb	1	1	2.0	<i>Ononis spinosa</i> L.	Forb	2	8	5.9
<i>Limonium majus</i> (Boiss.) Erben	Woody	4	7	3.9	<i>Ononis tridentata</i> L.	Woody	2	7	2.0
<i>Limonium minus</i> (Boiss.) Erben	Woody	4	5	2.0	<i>Onopordon nervosum</i> Boiss.	Forb	3	1	2.0
					<i>Pallenis spinosa</i> (L.) Cass.	Annual	1	1	2.0

<i>Papaver rhoeas</i> L.	Annual	1	24	17.6	<i>Rochelia disperma</i> (L. fil.) C. subsp. <i>retorta</i> (Pallas) E.	Annual	1	1	2.0
<i>Paronychia capitata</i> (L.) Lam.	Forb	1	5	9.8	Kotejowa in Pawl.	Annual	1	3	3.9
<i>Peganum harmala</i> L.	Forb	1	1	2.0	<i>Roemeria hybrida</i> (L.) DC.	Woody	1	13	3.9
<i>Petrorhagia nanteuili</i> (Burnat) P. W. Ball & Heywood	Annual	1	8	7.8	<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	Woody	1	15	7.8
<i>Phalaris canariensis</i> L.	Annual	5	3	2.0	<i>Salsola vermiculata</i> L.	Woody	3	2	2.0
<i>Phlomis herba-venti</i> L.	Forb	1	1	2.0	<i>Salvia lavandulifolia</i> Vahl	Forb	1	35	23.5
<i>Phlomis lychnitis</i> L.	Forb	1	3	2.0	<i>Sanguisorba verrucosa</i> (Link ex G. Don) Ces.	Woody	4	34	5.9
<i>Phragmites communis</i> Trin.	Grass	1	2	2.0	<i>Santolina rosmarinifolia</i> L. subsp. <i>canescens</i> (Lag.) Nyman	Woody	1	2	2.0
<i>Picnomon acarna</i> (L.) Cass.	Annual	1	7	9.8	<i>Santolina chamaecyparissus</i> L.	Woody	2	3	2.0
<i>Picris hispanica</i> (Willd.) P. D. Sell.	Forb	2	6	7.8	<i>Santolina rosmarinifolia</i> L.	Woody	1	83	7.8
<i>Pinus halepensis</i> Miller	Woody	6	271	66.7	<i>Sarcocornia fruticosa</i> (L.) A. J. Schott	Annual	1	19	15.7
<i>Pinus nigra</i> J. F. Arnold	Woody	6	5	2.0	<i>Scabiosa stellata</i> L.	Forb	2	3	3.9
<i>Pinus pinea</i> L.	Woody	6	5	5.9	<i>Scabiosa turoloensis</i> Pau	Annual	1	18	5.9
<i>Plantago afra</i> L.	Annual	1	2	3.9	<i>Scandix australis</i> L.	Forb	2	10	9.8
<i>Plantago albicans</i> L.	Forb	1	175	51.0	<i>Scorzonera angustifolia</i> L.	Forb	1	2	2.0
<i>Plantago sempervirens</i> Crantz	Woody	1	1	2.0	<i>Scorzonera hispanica</i> L. var. <i>crispatula</i> Boiss.	Annual	1	41	29.4
<i>Plantago subulata</i> L. subsp. <i>granatensis</i> (Willk.) Malagarriga	Woody	1	19	7.8	<i>Scorzonera laciniata</i> L.	Woody	1	38	11.8
<i>Poa bulbosa</i> L.	Grass	1	32	9.8	<i>Sedum amplexicaule</i> DC.	Annual	1	2	3.9
<i>Polygala monspeliaca</i> L.	Annual	1	7	9.8	<i>Sherardia arvensis</i> L.	Woody	4	3	3.9
<i>Polygala rupestris</i> Pourret	Woody	1	3	3.9	<i>Sideritis leucantha</i> Cav. subsp. <i>bourgeana</i> (Boiss. & Reut.) Alcaraz, Peinado, Mart. Parras, Carrión & Sánchez Gómez	Annual	1	3	2.0
<i>Prunus avium</i> L.	Woody	6	1	2.0	<i>Silene conica</i> L.	Annual	1	1	2.0
<i>Prunus mahaleb</i> L.	Woody	6	2	3.9	<i>Silene nocturna</i> L.	Forb	1	16	13.7
<i>Psilurus incurvus</i> (Gouan) Schinz & Thell.	Annual	1	4	5.9	<i>Silene vulgaris</i> (Moench) Garcke subsp. <i>vulgaris</i>	Annual	3	7	9.8
<i>Puccinellia caespitosa</i> G. Monts. & J.M. Monts.	Grass	3	5	2.0	<i>Sisymbrium austriacum</i> Jacq. subsp. <i>hispanicum</i> (Jacq.) P. W. Ball & Heywood	Annual	1	3	2.0
<i>Quercus faginea</i> Lam.	Woody	2	1	2.0	<i>Sisymbrium irio</i> L.	Annual	1	3	3.9
<i>Quercus rotundifolia</i> Lam.	Woody	6	11	15.7	<i>Sisymbrium runcinatum</i> DC.	Annual	1	2	3.9
<i>Ranunculus arvensis</i> L.	Annual	6	1	2.0	<i>Sonchus oleraceus</i> L.	Annual	1	3	3.9
<i>Reichardia tingitana</i> (L.) Roth	Annual	1	1	2.0	<i>Sphenopus divaricatus</i> (Gouan) Reichenb.	Grass	1	7	5.9
<i>Reseda media</i> Lag.	Annual	1	2	3.9	<i>Stipa barbata</i> Desf.				
<i>Reseda stricta</i> Pers. subsp. <i>stricta</i>	Annual	2	1	2.0					
<i>Reseda undata</i> L. subsp. <i>undata</i>	Annual	3	1	2.0					
<i>Retama sphaerocarpa</i> (L.) Boiss.	Woody	2	59	19.6					

<i>Stipa capensis</i> Thumb.	Annual	1	1	2.0	<i>Tuberaria guttata</i> (L.) Fourr.	Annual	1	1	2.0
<i>Stipa lagascae</i> Roem. & Schultes	Grass	1	31	7.8	<i>Turgenia latifolia</i> (L.) Hoffm.	Annual	1	1	2.0
<i>Stipa parviflora</i> Desf.	Grass	1	26	9.8	<i>Valeriana discoides</i> (L.) Loisel	Annual	1	2	3.9
<i>Stipa tenacissima</i> L.	Grass	2	7	9.8	<i>Velezia rigida</i> L.	Annual	1	8	7.8
<i>Suaeda vera</i> Forssk. ex J.F. Gmel.	Woody	1	190	11.8	<i>Vicia lutea</i> L.	Annual	1	14	13.7
<i>Taeniatherum caput-medusae</i> (L.) Nevski	Annual	1	7	2.0	<i>Vicia parviflora</i> Cav.	Annual	1	3	2.0
<i>Tamarix gallica</i> L.	Woody	6	8	5.9	<i>Vicia peregrina</i> L.	Annual	1	68	31.4
<i>Teucrium capitatum</i> L. subsp. <i>gracilimum</i> (Rouy)					<i>Vicia sativa</i> L.	Annual	1	6	7.8
Valdés-Berm.	Woody	3	7	7.8	<i>Vulpia membranacea</i> (L.) Dumort.	Annual	1	12	2.0
<i>Teucrium pseudochamaepitys</i> L.	Forb	1	1	2.0	<i>Vulpia unilateralis</i> (L.) Stace	Annual	1	3	3.9
<i>Teucrium similitum</i> Pau ex Navarro & Rosúa	Woody	4	4	3.9	<i>Wangenheimia lima</i> (L.) Trin.	Annual	2	4	3.9
<i>Teucrium bicoloreum</i> Pau ex Vicioso	Woody	2	1	2.0	<i>Xeranthemum inapertum</i> (L.) Miller	Annual	1	36	17.6
<i>Thapsia villosa</i> L.	Forb	1	1	2.0	<i>Ziziphora hispanica</i> L.	Annual	2	2	2.0
<i>Thesium humifusum</i> DC.	Forb	1	2	2.0					
<i>Thymus mastichina</i> L.	Woody	3	27	21.6					
<i>Thymus serpylloides</i> Bory subsp. <i>gadorensis</i> (Pau)									
Jalas	Woody	2	101	11.8					
<i>Thymus vulgaris</i> L.	Woody	1	7	2.0					
<i>Thymus zygis</i> L. subsp. <i>gracilis</i> (Boiss.) R. Morales	Woody	2	158	31.4					
<i>Thymus zygis</i> x <i>Thymus vulgaris</i>	Woody	4	12	2.0					
<i>Torilis arvensis</i> (Hudson) Link	Annual	1	9	9.8					
<i>Tragopogon crocifolius</i> L.	Annual	1	4	3.9					
<i>Tragopogon dubius</i> Scop.	Annual	1	1	2.0					
<i>Trifolium arvense</i> L.	Annual	1	35	9.8					
<i>Trifolium campestre</i> Schreber in Sturm	Annual	1	3	3.9					
<i>Trifolium cherleri</i> L.	Annual	1	3	3.9					
<i>Trifolium gemellum</i> Pourr. x Willd.	Annual	2	1	2.0					
<i>Trifolium scabrum</i> L.	Annual	1	1	2.0					
<i>Trifolium stellatum</i> L.	Annual	1	6	5.9					
<i>Trifolium sylvaticum</i> Gérard ex Loisel.	Annual	1	14	5.9					
<i>Trigonella monspeliaca</i> L.	Annual	1	3	5.9					
<i>Trigonella polyceratia</i> L.	Annual	2	64	35.3					
<i>Trisetum loeflingianum</i> (L.) C. Presl.	Annual	1	1	2.0					

IV. DISCUSIÓN GENERAL

Esta Tesis Doctoral es el resultado de los trabajos realizados desde 1995 en distintas áreas forestadas y centrados en la búsqueda de soluciones técnicas a los problemas surgidos a raíz de la aplicación del Reglamento (CEE) 2080/92 en el ámbito mediterráneo, así como otros aspectos relacionados con la gestión forestal y sus efectos sobre la conservación de los recursos naturales.

Todos estos resultados se han ido obteniendo mediante la concesión de proyectos de investigación competitivos y/o por demanda institucional. La mayor parte de ellos han sido de índole experimental, y los datos se han obtenido en base a diseños estadísticamente contrastables y repetibles. Para ello ha sido crucial disponer de un área de experimentación con unas características ecológicas lo más similares posibles a las que encuentran los agricultores, u otro tipo de gestores a la hora de reconvertir un terreno agrícola en forestal.

La finca Cortijo del Conejo y Albarrán así como Cortijo de Becerra, constituyen un laboratorio de campo en el que se presentan unas características de especial interés para el desarrollo de proyectos de investigación. Por un lado, conocemos perfectamente los cambios de uso del suelo y su evolución desde la adquisición de la finca por parte de la Consejería de Medio Ambiente en 1993, así como sus características ecológicas. Contaba con zonas de cultivos extensivos de cereal que se abandonaron en ese momento, y contrastados tipos de suelos bajo un mismo ambiente fitoclimático. Esto, unido a un régimen climático semiárido, permite que los resultados aquí obtenidos puedan ser extrapolables al menos a buena parte del Este y Sureste de la Península Ibérica y a otras áreas del Mediterráneo.

La primera línea de investigación que nos propusimos fue evaluar los efectos de la preparación del suelo sobre las condiciones de arraigo y desarrollo de pinos carrascos y encinas. Este trabajo, presenta la novedad de evaluar los efectos simultáneos de 8 técnicas de preparación del suelo agrupadas de acuerdo a la superficie de suelo afectada (puntual, lineal y areal). Además, se utilizaron dos especies a la vez, cuando en la mayoría de trabajos realizados sobre estos temas se suele utilizar sólo una especie, y dos o tres técnicas de preparación del suelo a lo sumo. Con este estudio se trató de evaluar la eficacia inicial de diferentes procedimientos de preparación del suelo mediante el análisis de las variaciones que presentan

una serie de caracteres morfológicos de las plántulas instaladas en cada uno de ellos.

En este sentido y como marco teórico, se tuvo en cuenta que determinadas condiciones ambientales se tornan desfavorables cuando se apartan de las condiciones óptimas de desarrollo de las especies, siendo en la fase de instalación posterior a la plantación cuando las plántulas son especialmente sensibles (Gómez y Elena, 1997). Así, la dinámica de una repoblación u otro tipo de actividad restauradora, se suele estimar tradicionalmente a través de la medición de la tasa de supervivencia y evolución de la misma tras la fase de plantación.

En nuestro caso, este parámetro resultó esencial para evaluar la eficacia de la preparación del suelo en las primeras fases de establecimiento de las plántulas, cuando éstas deben adaptarse a las nuevas condiciones ambientales, y ver qué tratamiento/s son capaces de minimizar los efectos estresantes propios de ambientes mediterráneos, tales como la falta de disponibilidad de agua y/o nutrientes. Por ello, tras la plantación realizada en noviembre de 1995, se llevó a cabo un seguimiento de estas plántulas mediante conteo directo de los individuos vivos.

De forma general, se considera que una repoblación o forestación tiene éxito cuando presenta tasas de supervivencia elevadas (iguales o mayores al 85% del total) y las plántulas son capaces de adaptarse a las condiciones del lugar de plantación lo suficientemente rápido como para mostrar un crecimiento en altura y diámetro del tronco significativo en el período vegetativo posterior a la plantación, de forma que sean capaces de expresar completamente su potencial genético (Duryea, 1985; Rose *et al.*, 1990).

De hecho, tradicionalmente, además de la supervivencia, se utilizan algunos parámetros morfológicos como altura y diámetro, para evaluar el éxito del establecimiento y desarrollo de repoblaciones u otros tipos de acciones de restauración con especies arbóreas.

En nuestro caso, la supervivencia del pino carrasco fue del 90% en la mayoría de preparaciones del suelo, mientras que para la encina varió entre el 40-60%. Al final del período de muestreo, en el caso del pino, la preparación del suelo areal presentó los peores resultados, diferenciándose significativamente del resto de preparaciones. Esto pudo deberse a las

pérdidas de agua que se producen por la alta tasa de evaporación del suelo causada por el efecto de la insolación directa sobre toda la superficie afectada por la preparación del suelo, y por la poca profundidad del tratamiento. Para la encina, el ahoyado con retroexcavadora y subsolado lineal asociados con una estructura hidráulica para captar escorrentías (microcuencas o acaballonados), permitieron a las plántulas un establecimiento más rápido y efectivo, asegurando su supervivencia a largo plazo. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Barberá *et al.* (2005) que realizaron un experimento de repoblación con *P. halepensis* ensayando dos técnicas de preparación del suelo, hoyos con retroexcavadora y subsolado lineal con o sin enmiendas orgánicas, y obtuvieron un mayor porcentaje de supervivencia y crecimientos más rápidos con el subsolado. Otros autores (Iglesias y Serrada, 2005; Nicolás *et al.*, 2005; Palacios *et al.*, 2009) también han ensayado algunos de esos procedimientos de preparación del terreno para especies del género *Quercus*, y obtuvieron también mejores resultados de supervivencia y crecimiento en altura con el subsolado.

Sin embargo, en ninguno de estos trabajos se valora el efecto conjunto de la preparación del suelo asociada a estructuras de recolección de agua de escorrentía. En general, nuestros resultados muestran cómo los tratamientos puntuales o lineales a los que se le aplican estas estructuras, ofrecen a las plántulas un mayor volumen de suelo útil para el desarrollo de su sistema radical y probablemente una mayor capacidad de retención de agua, por lo que fueron los tratamientos más efectivos.

Trabajos posteriores realizados por nuestro grupo de investigación (no presentados en esta Tesis) también han ensayado con estas técnicas de preparación del terreno puntuales, en los que el agua de lluvia que recibe cada planta puede complementarse con las escorrentías superficiales mediante la formación de microcuencas, con regueros laterales que definen y amplían su impluvio directo, y con la construcción de cuencos receptores de escorrentía, que modifican la estructura tradicional del ahoyado, cuya función es recoger y retener estas escorrentías (De Simón *et al.*, 2006). Estos autores señalan que la posibilidad de recoger las escorrentías superficiales en la banqueta de plantación está íntimamente ligada a las características edáficas y topográficas.

Respecto al efecto que las microcuencas ejercen sobre la supervivencia de las plántulas, estos autores muestran, en el caso de una

forestación con *P. halepensis*, menores porcentajes de marras en la preparación con microcuencas, mientras que en el caso de *Q. ilex* subsp. *ballota* prácticamente no se encontraron diferencias (probablemente por la lenta respuesta de la encina a este tipo de tratamientos). Saquete *et al.* (2005) también evaluaron el efecto a largo plazo de la preparación del suelo en banquetas con microcuencas, sobre una forestación de *P. halepensis* realizada hacía 13 años. Estos autores obtuvieron crecimientos en altura y diámetro mayores en las parcelas con microcuencas que en las parcelas testigo. Por tanto, puede inferirse que el efecto de este tratamiento se mantiene incluso al cabo de los años.

Así, la preparación del suelo y el manejo del agua de escorrentía parecen esenciales para que las plántulas desarrollen un sistema radical tan rápidamente como sea posible y escapen de la desecación superficial del suelo (Mittchell y Correll, 1987; Shainsky *et al.*, 1992), especialmente durante el primer verano posterior a la plantación, ya que el éxito de la plantación depende en buena parte de este período.

Respecto a la altura media en el caso del pino carrasco, aparecieron diferencias altamente significativas para el factor "tipo de preparación del suelo", mientras que no hubo diferencias en el caso de la encina. Para el diámetro basal, se obtuvieron diferencias entre tratamientos para ambas especies. En general y resumiendo, las preparaciones que provocaron mayores crecimientos fueron el ahoyado con retroexcavadora y subsolado lineal asociados con estructuras hidráulicas para captar escorrentías. Estos resultados coinciden parcialmente con los obtenidos por Querejeta *et al.* (2001, 2008), que analizaron el efecto de la preparación del terreno (terrazas manuales o mecanizadas, ahoyado con retroexcavadora y subsolado lineal, junto con la adición de residuos sólidos urbanos) sobre las propiedades físicas y el contenido de humedad del suelo, la ecofisiología y el desarrollo de una plantación de pino carrasco, pero solo obtuvieron crecimientos en altura y diámetro mayores con el subsolado más aporte de residuos sólidos urbanos.

Sin embargo, el hecho de que una determinada preparación del suelo permita un desarrollo adecuado en altura o diámetro de las plántulas instaladas no indica necesariamente la eficacia de esa preparación con respecto al futuro de la plantación, ya que cuando se evalúan conjuntamente los resultados relativos al crecimiento junto a los resultados de

supervivencia, se observa que la dinámica de las plántulas puede variar sensiblemente.

La combinación de los parámetros morfológicos mediante el *índice de comportamiento* (Domínguez-Lerena, 1999) nos permitió evaluar el efecto global de los tratamientos aplicados, tanto para la altura como para el diámetro de la encina y el pino carrasco. De él podemos deducir que aquellos tratamientos que usan ahoyado con retroexcavadora (con o sin estructuras recolectoras de escorrentías) y acaballonados, fueron los más efectivos tanto para el establecimiento como para el desarrollo de las plántulas conjuntamente.

Con los resultados obtenidos en nuestro estudio, llegamos a la conclusión de que a través de la aplicación de técnicas adecuadas se pueden mejorar las propiedades físicas del suelo a corto plazo, incrementando el volumen de suelo útil para las plántulas. Esto afecta, entre otras cosas, a un aumento en la velocidad de infiltración y la capacidad de retención de agua a través de la descompactación del suelo, sobre todo si se realizan estructuras de captación de escorrentías.

La preparación del suelo areal (laboreo con vertedera) no se recomienda, especialmente en forestaciones con *Q. ilex* subsp. *ballota*, ya que causa alta mortalidad y esto es un riesgo que los agricultores y/o gestores no pueden asumir, al menos en el ámbito fitoclimático bajo el que se realizó esta investigación, o bajo otras condiciones ecológicas similares.

Tal como hemos podido comprobar con nuestros resultados, el primer verano después de la plantación de *Quercus ilex* subsp. *ballota* es el período crítico para la supervivencia de esta especie. Se ha demostrado en otros trabajos (Retana *et al.*, 1999; Valladares y Pugnaire, 1999; Maestre *et al.*, 2003) que en ambientes mediterráneos este período es crítico para la supervivencia de la encina, debido a las altas temperaturas, la excesiva radiación y la baja disponibilidad de agua.

Las dificultades encontradas a la hora de establecer forestaciones de *Quercus ilex* subsp. *ballota*, podrían ser atribuidas según Villar-Salvador *et al.* (2004b) a la baja calidad de las plántulas usadas, así como al régimen de cultivo en vivero fuertemente determinado por las características funcionales y la respuesta de las plántulas en el campo. Sin embargo, las altas tasas de mortalidad de las plántulas forestadas en localidades donde

hay incluso regeneración natural vigorosa, sugiere que no sólo es importante el tipo de plántula comúnmente usada en forestación, sino que además deben tenerse en cuenta las técnicas para introducir esta especie.

En la Región Mediterránea, una gran parte de la investigación forestal reciente, ha focalizado sus estudios en encontrar métodos alternativos viables para obtener resultados exitosos en la plantación de especies del género *Quercus*. Estos estudios se han centrado en aumentar la calidad de las plántulas en vivero (Villar-Salvador *et al.*, 2004b), mejorar las técnicas de plantación (Seva *et al.*, 2004) y encontrar tratamientos post-plantación efectivos (Jiménez *et al.*, 2004; Rey-Benayas, 1998; Valdecantos *et al.*, 2002). Sin embargo, se ha prestado poca atención a la siembra directa de bellotas en campo.

Una de las variables que puede incrementar la probabilidad de supervivencia es el acceso al agua del suelo durante el verano, que puede lograrse con un sistema radical más fuerte y más profundo (Villar *et al.*, 2004). Por tanto, la tasa de crecimiento de la raíz durante los primeros meses de vida (invierno-primavera) puede ser crucial para la supervivencia de las plántulas en la estación seca (Lloret *et al.*, 1999). Mediante la siembra directa de bellotas, las plántulas pueden desarrollar una raíz principal profunda durante la fase temprana de establecimiento, y además este método presenta la ventaja añadida de tener bajo coste.

Por todo ello y teniendo en cuenta los resultados del trabajo anterior, llevamos a cabo un experimento en el que se evaluó de nuevo el efecto de la preparación del suelo con retroexcavadora, pero en este caso aplicado a la siembra directa de bellotas de encina.

La siembra directa de bellotas de encina (u otros *Quercus* mediterráneos ibéricos) ha sido analizada en estudios previos, pero la mayoría de estos trabajos (Carreras *et al.*, 1997; Nicolás *et al.*, 1997; Porrás *et al.*, 2004; Seva *et al.*, 2004) carecen de un diseño experimental previamente establecido y muestran resultados de supervivencia muy desiguales respecto a las plantaciones, o bien no aclaran cuestiones tales como el origen y tamaño de las bellotas usadas, la época de recolección, el tipo de almacenaje, los tratamientos pregerminativos realizados, las condiciones de la siembra, la climatología del año de plantación, la interferencia con predadores, etc., que pueden ser decisivos en los resultados obtenidos. Además, ninguno de estos trabajos evalúa el efecto

de la preparación del suelo en el establecimiento de plántulas de encina a partir de siembra.

En otoño de 2002 se recolectaron bellotas de diferentes tamaños pero de un mismo árbol para eliminar la variabilidad intraespecífica. A las bellotas se les midió longitud, diámetro y peso. Posteriormente, fueron estratificadas en arena a 4 °C para estimular la germinación. A partir de estas bellotas se realizaron dos experimentos simultáneos, uno en vivero con 20 bellotas (bajo condiciones óptimas controladas) y otro en campo con 40 bellotas (bajo condiciones naturales de fuerte estrés para la encina).

En el ensayo de vivero, las bellotas clasificadas en dos grupos de tamaño significativamente distinto, fueron sembradas en tubos de PVC cilíndricos (180 cm de alto y 25 cm de diámetro) a una profundidad de 5 cm. A las plántulas se les midió altura, diámetro del tallo a ras de suelo y número de hojas. También se realizó un seguimiento de la supervivencia y un análisis del sistema radical de las plántulas al final del período de estudio.

En campo, de un total de 40 bellotas, se tomaron al azar la mitad de ellas y se sembraron a 5 cm de profundidad sin preparación previa del suelo. La otra mitad se sembró a la misma profundidad pero en una banqueta preparada por una retroexcavadora. En este ensayo las bellotas utilizadas no mostraron diferencias significativas respecto al tamaño. Se hizo un seguimiento de la supervivencia, altura, diámetro del tallo a ras del suelo y al final del período de estudio se realizó un análisis del sistema radical.

El tamaño y peso de la bellota fueron los factores que más controlaron el desarrollo de esta especie en el experimento realizado en el vivero, con una correlación positiva y significativa entre el tamaño de la bellota y la mayoría de las variables morfológicas de las plántulas después de 24 meses de crecimiento. Sin embargo, en el experimento de campo, bajo condiciones de fuerte estrés hídrico, no existieron estas relaciones ni siquiera después de 32 meses de desarrollo, sólo el peso de la bellota estuvo correlacionado negativamente con la relación parte radical/parte aérea (PR/PA).

En el campo, al contrario de lo que se preveía, la preparación previa del terreno (ahoyado con retroexcavadora) afectó negativamente a la supervivencia, diámetro y relación PR/PA con respecto al control. Esto contrasta con los resultados aportados por Nicolás *et al.* (1997) obtenidos

con respecto a la siembra y plantación de *Q. ilex*, con los obtenidos por Querejeta *et al.* (1998) referente a la plantación de *P. halepensis*, e incluso con nuestros propios resultados previos.

Esto puede ser debido al tipo de suelo donde se realizó el experimento (Calcisol pétrico) y a cambios en las propiedades de este suelo causados por el volteo de horizontes debido a la preparación, que provocó una redistribución e incremento del carbonato cálcico en los horizontes superficiales. Algunos autores (Papatheodorou y Stamou, 2004; Valdecantos *et al.*, 2006) confirman que concentraciones altas de CaCO_3 en la solución del suelo pueden afectar a la germinación y al crecimiento de las plántulas porque interfiere en la asimilación del P y K.

A pesar de todo, la supervivencia general obtenida en campo fue alta (80%) y por ello aconsejamos la siembra frente a la plantación. En conclusión, dada la baja precipitación caída durante el período de estudio (Octubre 2002-2003 = 302,1, Octubre 2003-2004 = 363,4 y Octubre 2004-2005 = 167,7mm) y los resultados de supervivencia aportados por otros investigadores con la introducción de plántulas, incluso en localidades con precipitación más alta, la siembra de bellotas directamente en campo podría ser reconsiderada como una técnica viable para restauración de bosques de encina, para forestación de tierras agrarias o la diversificación de especies forestales a gran escala a costes bajos. Para ello, se deben cumplir algunas premisas, como realizar una buena selección de las bellotas, tratamientos pregerminativos, protegerlas de depredadores, etc.

Al igual que los resultados obtenidos por otros investigadores, la limitación de nutrientes en suelos tan pobres y degradados como los de los cultivos marginales, especialmente en N y K, debe ser tenida muy en cuenta a la hora de plantear cualquier acción de forestación o similar (Vallejo *et al.*, 2000; Terradas, 2001; Sardans y Peñuelas, 2004, 2005), además de los factores clásicos que determinan la supervivencia y crecimiento de la encina, como la escasa disponibilidad de agua (Cartan-Son *et al.*, 1992; Mayor *et al.*, 1994), la presión de los herbívoros, la competencia con vegetación herbácea, el exceso de radiación, las altas temperaturas estivales, etc... (Baeza *et al.*, 1991; Retana *et al.*, 1999; Seva *et al.*, 2004).

Con objeto de mejorar la supervivencia y desarrollo de las forestaciones con encinas, diseñamos un experimento en el que aplicamos 9 tratamientos post-plantación simultáneamente (binas, coberturas orgánicas

e inorgánicas y riegos en diferentes períodos). Nos propusimos evaluar la influencia que ejercen estos tratamientos sobre la evolución y desarrollo de la forestación, usando como variables respuesta la supervivencia, superficie foliar y concentración de macro y micronutrientes en las hojas.

Existen algunos trabajos que han analizado la concentración de nutrientes en distintas especies mediterráneas (*Pinus halepensis*, *Prunus mahaleb*, *Quercus suber*), en los que se evalúa el efecto de la edad de la planta, y la variabilidad espacial y estacional (Alonso y Herrera, 2001; Alifragis *et al.*, 2001; Orgeas *et al.*, 2002). Sin embargo, son pocos los trabajos en los que se teste el efecto de la aplicación de diferentes tratamientos post-plantación a través del análisis de nutrientes, menos aún en encina u otras especies de áreas mediterráneas (Fuentes *et al.*, 2007a, 2007b).

Todos los tratamientos aplicados son comúnmente usados en forestación de tierras agrícolas en ambientes mediterráneos para favorecer la supervivencia y desarrollo de las plántulas. Estos tratamientos se vienen utilizando teóricamente para prevenir el crecimiento de vegetación herbácea, limitar las pérdidas de agua del suelo y regular la temperatura del suelo (Pemán y Navarro, 1998; Serrada, 2000; Navarro *et al.*, 2004).

En nuestro estudio se hizo un seguimiento de la supervivencia y la superficie foliar. Además, se realizó un análisis de las características del suelo, así como, un análisis de la concentración de macro y micronutrientes en el suelo y en las hojas de las plántulas forestadas. A partir de estos datos, se calcularon dos índices: el *pool de nutrientes* y la *eficacia de los nutrientes* en el posterior desarrollo de las plantas. Algunos autores (Luyssaert *et al.*, 2004) señalan que la masa foliar total junto con el contenido total de nutrientes es el responsable del crecimiento de las plántulas. En nuestro estudio, no se disponía de la masa foliar, ya que estábamos buscando un método no destructivo de la plantación, por lo cual en su lugar se utilizó la superficie foliar que se encuentra íntimamente correlacionada con la masa foliar.

El cultivo prolongado durante años en la zona de estudio así como la preparación previa del terreno, provocaron una homogenización de las características del perfil del suelo, así por ejemplo, el contenido en CaCO_3 , que en el suelo sin preparación aumentaba en profundidad, no siguió este

patrón en otros tratamientos en los que sí se había realizado una preparación previa del terreno con retroexcavadora. De igual forma, los contenidos en K y P fueron más elevados en superficie y decrecieron en profundidad en el suelo sin preparación, mientras que en el resto de tratamientos alcanzaron valores similares en todas las profundidades. Por otra parte, hay que destacar los tratamientos de aplicación de residuos forestales y residuos sólidos urbanos a la banqueta de plantación ya que aportaron al suelo cantidades "extras" de nutrientes.

Todos los tratamientos que se aplicaron en este estudio incrementaron el porcentaje de supervivencia de las plántulas con respecto al tratamiento control, excepto la aplicación de residuos sólidos urbanos, siendo en todos los casos superior al 70%. Al final del período de estudio, el tratamiento de aplicación de riegos periódicos durante el verano, mostró los mejores resultados de supervivencia. En general, teniendo en cuenta los resultados obtenidos por otros autores con la introducción de plantones, bajo condiciones climáticas diferentes y para varios tamaños de plántula (Cortina *et al.*, 2004; Del Campo y Navarro, 2004; Fuentes *et al.*, 2004), los resultados obtenidos en nuestro trabajo con la aplicación de tratamientos post-plantación fueron muy elevados.

Nuestros resultados coinciden con los de Seva *et al.* (1996), que realizaron una experiencia donde utilizaron compost de residuos sólidos urbanos sobre una plantación de encina en condiciones secas, y obtuvieron menores supervivencias con la aplicación de la enmienda. Otros autores (Alonso *et al.*, 2000; Zagas *et al.*, 2000; Valdecantos *et al.*, 2002; Fuentes *et al.*, 2007b) con la aplicación de lodos de depuradora, también encontraron efectos negativos sobre la supervivencia y crecimiento de plantaciones forestales con diversas especies mediterráneas (*Q. ilex* subsp. *ballota*, *P. halepensis*, *Celtis australis*, *Cedrus* sp.). Según estos autores, el efecto negativo puede ser debido a posibles fenómenos de competencia con la vegetación circundante o debido al incremento de la salinidad que supone la enmienda, y la consiguiente reducción de la disponibilidad de agua. Por el contrario, Valdecantos (2003), en un experimento en el que aplicó residuos urbanos compostados sobre una plantación de *P. halepensis*, no encontró ningún efecto de la enmienda sobre la supervivencia. Existen otras experiencias (Rigueiro-Rodríguez *et al.*, 1997; Valdecantos, 2003), en las que se aplican lodos de depuradora y se obtienen efectos positivos sobre la supervivencia y crecimiento de especies forestales (*Q. ilex* subsp. *ballota*, *P. halepensis*, *P. radiata*).

El efecto del riego en la estación seca unido a un sombreado artificial, sobre la supervivencia y crecimiento de *Q. ilex* subsp. *ballota* en terrenos agrícolas fue evaluado por Rey-Benayas (1998). La supervivencia obtenida con la aplicación de estos tratamientos por separado y combinados fue significativamente mayor que en el tratamiento control. Además, el riego tuvo un efecto significativo sobre el diámetro del tallo. Al igual que ocurre en nuestro estudio, este autor señala que el primer verano post-plantación es clave para la supervivencia de las plántulas, de manera que a partir de ese momento la mortalidad apenas se incrementa. Posteriormente, Rey-Benayas y Camacho-Cruz (2004), volvieron a evaluar los efectos de estos tratamientos al cabo de seis años de haberlos interrumpido y no obtuvieron diferencias en la supervivencia con respecto a los años anteriores en los que sí estaban aplicando el riego y el sombreado. En cuanto a las tasas de crecimiento relativo en altura y diámetro, el riego no tuvo un efecto significativo en estas medidas de crecimiento.

La eliminación de los riegos estivales en 2004 y las desfavorables condiciones climáticas acontecidas durante el invierno de 2004-2005 (se registraron tan solo 33,6 mm, un 73% menos de lo esperado para la precipitación histórica de este mismo período y se alcanzaron $-19,3^{\circ}\text{C}$ en enero), provocaron la defoliación de las plántulas en algunos tratamientos, dando lugar a disminuciones en la superficie foliar como se observa en la medida de octubre de 2005, destacando el tratamiento de aplicación de residuos sólidos urbanos que presentó la mayor defoliación. Los tratamientos menos afectados fueron la aplicación de residuos forestales, la colocación de tres piedras grandes en la banqueta y el riego periódico durante el verano.

Todos los nutrientes decrecieron en el muestreo de enero de 2005 respecto al muestreo de enero de 2004, excepto el N, Cu y Zn. La concentración de N fue mayor, en los dos años de muestreo, que la obtenida por la mayor parte de autores en *Q. ilex* (Cornelissen *et al.*, 1997; Alfani *et al.*, 1999; Bussotti *et al.*, 2000). Sin embargo, otros autores (Valladares *et al.*, 2000; Silla y Escudero, 2003), que realizaron el muestreo en una época parecida a la de nuestro trabajo, obtuvieron resultados muy similares a los nuestros. Estos últimos autores señalan que durante el período previo a la emergencia de las yemas, las plántulas suelen acumular nutrientes para afrontar las necesidades del crecimiento primaveral. Chapin (1980), ha justificado el incremento en N en años de sequía, cuando el análisis se

realiza en el período previo a la etapa de crecimiento, como una preparación de la plántula para afrontar el crecimiento primaveral en condiciones desfavorables. Por otra parte, como indican Rapp *et al.* (1999), la estrategia de las especies del género *Quercus* en condiciones de baja disponibilidad de nutrientes es el almacenamiento de los mismos en los órganos perennes.

Las concentraciones de K fueron mucho más bajas que las obtenidas por otros autores (Rapp *et al.*, 1999; Valladares *et al.*, 2000), y menores incluso que las requeridas para un crecimiento óptimo de la mayoría de las plantas (Marschner, 1986). Esto puede ser debido a las altas concentraciones en Ca en la solución del suelo (Papatheodorou y Stamou, 2004). De hecho, la correlación entre el contenido en K de cambio y el carbonato cálcico en suelo resultó significativa y negativa.

En el muestreo realizado en el año 2004, los valores de P en hoja fueron semejantes a los observados por otros autores para *Quercus ilex*, y para otras especies del mismo género (Cornalissen *et al.*, 1997; Bussotti *et al.*, 2003; Papatheodorou y Stamou, 2004). Sin embargo, en el muestreo de 2005 los valores fueron más bajos que los recogidos por los autores anteriormente citados. En numerosos estudios (Berger y Glatzel, 2001; Zas y Serrada, 2003) se hace referencia a la interferencia en la disponibilidad de nutrientes en suelos calcáreos, especialmente para el P y el K.

La disminución en el contenido en Ca en las hojas durante el muestreo de 2005 pudo ser atribuida a una menor disponibilidad de este elemento en la solución del suelo, debido al descenso en los recursos hídricos. Probablemente la disminución de P que se observa este mismo año sea debida a la menor solubilidad de compuestos de P-Ca frecuentes en medios calizos. Una explicación similar justificaría los resultados que observamos en los contenidos de Fe y Mn, altamente disponibles en medios ácidos (Rapp *et al.*, 1999).

Los valores obtenidos en nuestro estudio para Zn y Cu fueron variables entre tratamientos y entre años, estando comprendidos entre los señalados por otros autores (Alfani *et al.*, 2000; Sardans y Peñuelas, 2005). En el muestreo de 2005 se incrementó considerablemente la concentración de Cu en todos los tratamientos.

En el caso de los tratamientos sin riego, la concentración de nutrientes en hoja de encina parece estar muy relacionada con la

precipitación del período previo a la recogida de la muestra (octubre-enero). La cantidad de agua registrada en el período comprendido entre octubre de 2003 a enero de 2004 fue muy superior a la registrada en el mismo período del año posterior. Por otra parte, hay que tener en cuenta que los tratamientos con riegos no fueron aplicados en los veranos de 2004 y 2005, esto, junto con las condiciones climáticas extremas del otoño-invierno de 2004-2005, explica la menor concentración de nutrientes encontrados en estos tratamientos en enero del año 2005.

La eficacia en el aprovechamiento de los nutrientes por las plántulas de encina está muy relacionada con el aporte de agua. Si el aporte es continuo esta eficacia es mayor, pero cuando se elimina el aporte y las condiciones son desfavorables disminuye. Los riegos ocasionales aplicados al inicio del verano o en época de máximo estrés hídrico, no produjeron incrementos apreciables en la eficacia.

En general, la aplicación de residuos forestales, y especialmente la colocación de piedras grandes en la banqueta de plantación, resultaron ser los tratamientos más eficaces en el desarrollo de las plántulas. La cobertura formada por residuos sólidos urbanos, a pesar de incrementar el contenido en nutrientes en el suelo, no generó una mayor eficacia, debido probablemente a la competencia con la vegetación herbácea.

Aunque los resultados de la aplicación de los diferentes riegos tuvo un efecto positivo sobre la supervivencia de las plántulas, queda pendiente en nuestro trabajo valorar económicamente si la aplicación de estos tratamientos es rentable. Este tipo de práctica pudiera no ser rentable para empresas del sector forestal, pero sí para agricultores que dispongan de los medios (tractor, cubas, pozos, etc..) y tiempo necesario para realizarlos. No obstante, la evaluación de la forestación de encinas realizada con posterioridad a la interrupción de los tratamientos, demuestra que los riegos pierden eficacia frente a otro tipo de tratamientos culturales como la aplicación de mulch (residuos de astillado forestal) o la colocación de grandes piedras en la banqueta de plantación, por otra parte mucho más baratas.

Otra de las formas de actuación para mejorar el éxito de forestaciones o repoblaciones es mediante la mejora de las condiciones microclimáticas de las plantas, y así, favorecer el establecimiento y crecimiento de las mismas en campo. Para profundizar y aportar nuevos

datos al respecto, realizamos un experimento en el que evaluamos el efecto del protector de tubo invernadero sobre una plantación de sabina albar (*Juniperus thurifera*). La instalación de protectores, frecuentemente del tipo "tubo invernadero" ha sido un tratamiento cultural muy utilizado en forestaciones de tierras agrarias, pero pocas veces contrastado científicamente en el ámbito mediterráneo.

La sabina albar es una especie que ha sido poco utilizada en investigación forestal, a pesar de estar incluida en los programas de forestación de tierras agrarias, al menos en Andalucía. Presenta una buena adaptación fisiológica al frío y al estrés hídrico (Pereira *et al.*, 1998), por lo que es una especie idónea para utilizar en forestación de tierras agrarias, en repoblación forestal, restauración ecológica, xero-jardinería, etc..., siempre que se utilice dentro de su área de distribución natural.

Este ensayo constituye uno de los primeros experimentos de campo con *J. thurifera* en su área de distribución natural. Se hace especial hincapié en su viabilidad aún existiendo condiciones ecológicas extremas, que unido a los avanzados métodos que se están obteniendo para su reproducción en vivero, abre una puerta grande para la conservación, gestión y restauración de los sabinares de *J. thurifera*.

Antes de introducir las plantas en campo, se realizó un análisis de la calidad de la planta en laboratorio. Durante el período de muestreo se llevó a cabo un seguimiento del microclima (temperatura, humedad y radiación) dentro y fuera del protector. A todas las plántulas se les midió altura, y diámetro del tallo a ras del suelo en diferentes estaciones del año. Al final del período de muestreo, se estimó la superficie foliar y se midió el potencial hídrico al alba y al mediodía. Posteriormente, se llevó a cabo un análisis destructivo de las plántulas introducidas en campo, para comparar cómo variaron los diferentes atributos morfológicos a lo largo del tiempo.

Tras los resultados obtenidos se puede considerar que la planta comercial de *J. thurifera* utilizada para este ensayo fue de buena calidad. Tanto los parámetros como los índices morfológicos aplicados se asemejaron mucho a los valores de calidad estandarizados para otras especies mediterráneas de características similares. Una prueba de ello fue la espectacular tasa de supervivencia registrada (100%), con precipitaciones muy bajas, inferiores a la media, rozando las soportables por la especie (Pereira *et al.*, 1998) y con temperaturas negativas durante 7 meses al año.

El protector de tubo invernadero proporciona buenos resultados en países centroeuropeos, pero en función de los datos obtenidos en nuestro trabajo, en ambientes mediterráneos este tipo de protectores aumenta la temperatura máxima y reduce la radiación entre un 70-90%, lo que provoca que las plántulas crezcan excesivamente en altura y consecuentemente presenten un índice de esbeltez excesivo, el cual puede causar problemas de desproporción morfológica y desestabilización. Algunos autores encontraron resultados similares para otras especies (Bergez y Dupraz, 1997; Leroy y Caraglio, 2003).

Igualmente se desproporciona la relación entre biomasa aérea y biomasa radical. La reducción de radiación dentro del protector hace que las plántulas incrementen su superficie foliar con un detrimento significativo de la biomasa de raíces, lo cual puede ser negativo para su supervivencia en climas en los cuales los recursos hídricos son escasos y las plántulas están sujetas a largos períodos de xericidad. Por tanto, el uso de este tipo de protectores parece inviable, al menos en estos ambientes y para especies de estas características.

Los trabajos científicos que han evaluado estos protectores en ambientes mediterráneos son escasos, y todos ellos coinciden en los efectos que producen (aumento de temperatura, mayor déficit de presión de vapor, reducción de la radiación, aumento del índice de esbeltez y de la biomasa foliar) aún utilizando especies distintas (Costello *et al.*, 1996; Bellot *et al.*, 2002; Oliet *et al.*, 2005; Navarro *et al.*, 2005a; Del Campo *et al.*, 2006; Famiani *et al.*, 2001; Oliet y Jacobs, 2007; Chaar *et al.*, 2008). En función de estos resultados, sería necesario investigar más sobre la utilización de otro tipo de protectores diseñados para ámbitos mediterráneos.

Otro aspecto interesante de la forestación de tierras agrarias es el del efecto que este tipo de transformaciones de uso del suelo están provocando en el ámbito de la conservación de la biodiversidad y el paisaje. Se sabe que como resultado de la aplicación del Reglamento 2080/92 y otros programas de reforestación de tierras agrarias, el proceso de declive de los bosques en Europa ha revertido, con un área forestal en los países occidentales expandiéndose recientemente en torno a 4.000 km² al año (FAO, 2006). En España, 684.881 ha han sido reforestadas con financiación europea durante el período 1993-2006, con un total aproximado de 50.000 beneficiarios (MAPA, 2006). Este ritmo de forestación es solo comparable

con la máxima intensidad del proceso de repoblación llevado a cabo entre 1950 y 1970 por el gobierno español (Marey-Pérez y Rodríguez-Vicente, 2008).

Sin embargo, es escasa la evaluación de los efectos de la aplicación de las políticas de reconversión de terrenos agrícolas en forestales desde un punto de vista de la conservación de la biodiversidad, el suelo y el paisaje. Al contrario que en otros países centroeuropeos en los que se han realizado algunas evaluaciones sobre el efecto de las forestaciones de tierras agrarias sobre las aves (Pithon *et al.*, 2005), arácnidos (Oxbrough *et al.*, 2007) o plantas (Wulf, 2004; Keersmaecker *et al.*, 2004), en el área mediterránea se han realizado muy pocos estudios.

En las comarcas de Guadix, Baza y Huéscar situadas en Andalucía Oriental, una de las zonas donde más se ha reforestado, de un total de 241 fincas reforestadas mediante ayudas europeas, se seleccionaron 51 de forma estratificada (~25% del total) atendiendo a la litología, año de forestación y uso previo de la tierra (erial o cultivo de cereal). Por tanto, el objetivo de nuestro estudio fue evaluar el impacto de las forestaciones de tierras agrarias en la diversidad de especies de plantas en un ambiente mediterráneo y analizar los efectos de diferentes factores ambientales y cambios de uso del suelo.

En la primavera de 2006 se tomaron datos de plantas vasculares en parcelas de muestreo instaladas dentro de las 51 forestaciones. A partir de estos datos se estimó la abundancia de especies y la cobertura proporcional de la parte aérea de cada especie. La diversidad de especies de plantas fue seleccionada como indicador de la biodiversidad (Büchs, 2003), a través de la riqueza de especies e índices de diversidad. Además, se midieron un conjunto de variables ambientales divididas en las siguientes categorías: geográficas, climáticas, edáficas, geológicas y uso del suelo previo a la forestación.

Al contrario de lo que ocurre en otros programas agro-ambientales, en los que la mayoría de especies encontradas pertenecen a un pequeño grupo de especies comunes que pueden ser encontradas en un amplio rango de hábitats (Kleijn *et al.*, 1998), en nuestro estudio el 24,2% de las especies que se catalogaron tuvieron un área de distribución relativamente restringida (endemismos ibero-norteafricanos, ibéricos, o del S-SE peninsular), aunque sólo una especie fue catalogada como en peligro.

Los valores de diversidad estimados fueron relativamente elevados, similares a los de numerosas comunidades vegetales mediterráneas próximas al área de estudio (Peñas *et al.* 1995, Sanz-Herráiz, 2002). Esto pudo estar favorecido por las bajas densidades de plantación utilizadas (300-500 pies/ha).

De nuestro trabajo se puede inferir que el programa de forestación de tierras agrarias puede estar favoreciendo la conservación biológica de especies y aumentando la diversidad en aproximadamente un 50%, cuando lo que se transforman son cultivos de cereal en forestaciones.

Todo ello depende en buena medida de la variabilidad ambiental, con fuerte influencia de factores edáficos, litológicos y climáticos, así como del uso previo del suelo y otros factores geográficos como proximidad de las forestaciones a restos de vegetación autóctona, etc... Esto coincide con los resultados obtenidos por otros autores, los cuales señalan estos mismos factores como responsables de la variación de la composición de especies a amplia escala (French *et al.*, 2008; Fried *et al.*, 2008). Esto abre importantes oportunidades para favorecer la biodiversidad si a través de una adecuada planificación y gestión de los programas agro-ambientales se intenta englobar la mayor variación posible de características ecológicas.

En este trabajo se aportan nuevos datos acerca de los efectos que el programa europeo de forestación de tierras agrarias tiene sobre la biodiversidad. A través de muestreos y evaluación objetiva, se demuestra que la reconversión de terrenos de cultivo o áreas agrícolas marginales en terrenos forestales puede tener un efecto positivo en la diversidad de especies de plantas y en el suelo.

Sin embargo, y a pesar de estos resultados, en España las forestaciones de tierras agrarias se han realizado sin una planificación territorial previa, con vagas indicaciones ambientales y sin criterios técnicos específicos (Montiel, 2006), lo cual también ha ocurrido en otros países (Madsen, 2002).

En base a nuestros resultados, se propone que las forestaciones deben ser previamente planificadas siguiendo un proceso de ordenación del territorio, que si bien no puede ser generalizado para todos los países europeos, sí se podría aplicar a los países mediterráneos, como por ejemplo:

- Forestar con bajas densidades de plantación (300-500 pies/ha) para permitir los procesos de colonización y sucesión de la vegetación autóctona y evitar masas densas, coetáneas y uniformes que constituyen un fuerte peligro de incendio.
- Forestar bajo el más amplio abanico de condiciones ecológicas y biogeográficas para favorecer la riqueza de especies a amplia escala.
- Se deberían priorizar las forestaciones de tierras agrarias próximas a bosques o matorrales autóctonos que proporcionan fuentes de semillas y aceleran los procesos de sucesión vegetal. En caso contrario habría que suplementar las forestaciones con una mayor diversidad de especies de las que se utilizan habitualmente, incluyendo arbustos leñosos y gramíneas perennes.
- Los planes de forestación se deberían aplicar fundamentalmente a tierras de cultivo en activo, ya que su transformación provoca un mayor incremento en términos de diversidad de especies.

Finalmente, las forestaciones de tierras agrarias deben de cumplir también otros objetivos ambientales diferentes a los de la mera conservación de la biodiversidad y que entran dentro de las líneas futuras de investigación que nos proponemos, como es el efecto de la forestación sobre las características del suelo. De especial importancia es la capacidad de estos sistemas para secuestrar carbono y mitigar los efectos del cambio climático, así como su capacidad para modificar las características hidrológicas a nivel territorial, prestando especial atención a los factores ecológicos que puedan proporcionar fuentes de variabilidad, ya sea a nivel litológico, edáfico, climático, biológico o antrópico.

CONCLUSIONES

1. Las técnicas de preparación del suelo más efectivas para el desarrollo de las forestaciones con *Pinus halepensis* y *Quercus ilex* subsp. *ballota*, son aquellas que combinan una mayor profundidad con estructuras hidráulicas de captación de escorrentías (microcuencas o caballones).
2. La supervivencia y las tasas de crecimiento de las forestaciones con encina son mucho menores que las de pino carrasco, y es más sensible a las técnicas de preparación del terreno menos adecuadas, como el laboreo agrícola.
3. La siembra directa de bellotas, adecuadamente seleccionadas y tratadas, resulta una técnica eficaz para la supervivencia y el desarrollo de las forestaciones con encina, incluso en ambientes de elevado estrés hídrico para esta especie.
4. Las preparaciones del terreno que modifican propiedades como la distribución en el perfil del contenido en CaCO_3 , afectan de forma negativa al desarrollo de las forestaciones con encina, debido a la interferencia en la asimilación de otros nutrientes, como el fósforo y el potasio.
5. El producto de la concentración de nutrientes foliares por el incremento en superficie foliar, se propone como un índice no destructivo (*índice de eficacia*) para evaluar el desarrollo de forestaciones de tierras agrarias.
6. Los tratamientos post-plantación que reducen las pérdidas de agua por evaporación y/o incrementan el contenido de nutrientes en el suelo, tales como aplicación de residuos forestales y colocación de piedras grandes en la banqueta de plantación, son los más eficaces en el desarrollo de la encina.
7. La utilización de tubos protectores en ambientes mediterráneos provoca la modificación de parámetros microclimáticos como una reducción de la radiación y un aumento de la temperatura máxima. Esto genera una desproporción morfológica y la desestabilización en la estructura de la planta.
8. *Juniperus thurifera* debe ser considerada como otra especie a tener en cuenta para la forestación de tierras agrarias en áreas continentales mediterráneas, dentro de su distribución natural, debido a su elevada viabilidad incluso bajo condiciones ecológicas extremas.

9. La reconversión de tierras agrarias en terrenos forestales, tiene un efecto positivo en la diversidad de especies de plantas, a escala de paisaje.

10. La planificación del programa de forestación de tierras agrarias debe hacerse teniendo en cuenta criterios técnicos y ambientales, tales como técnicas de preparación del suelo, tratamientos post-plantación, elección de especie, calidad de planta, clima, litología, características edáficas, uso previo del suelo, proximidad a zonas de vegetación autóctona y densidad de plantación.

CONCLUSIONS

1. The most efficacious preparation of the soil for the development of *Pinus halepensis* and *Quercus ilex* subsp. *ballota*, is that which combines greater depth with hydraulic structures to capture run-offs (microbasins and ridges).
2. The survival and growth rates are much lower in holm-oak plantations than with Aleppo pines and the former species is also more sensitive to the less suitable soil preparation techniques such as plough.
3. The direct sowing of suitable selected and treated acorns proves to be an efficient technique as far as the survival and development of holm-oak afforestations is concerned, even in environments of high drought stress for this species.
4. Techniques for preparing the terrain that modify properties such as the distribution of calcium carbonate throughout the soil profile, have a negative effect on the development of holm oaks because they interfere with the uptake of other nutrients such as phosphorous and potassium.
5. The product of the concentration of leaf nutrients and the increase in leaf surface is proposed as being a non-destructive index (*index of efficacy*) to assess the development of afforestations on farmland.
6. Post-planting treatments that reduce loss of water by evaporation and/or increase the nutrient content of the soil, such as the application of forest debris and the placement of boulders in the planting bed around the seedling, prove the most effective treatments for holm-oak development.
7. The use of tree-shelter tubes in Mediterranean environments produces alterations in the microclimate such as a reduction in radiation and an increase in maximum temperature. This causes morphological disproportion and destabilization in the structure of the plants.
8. *Juniperus thurifera* should be born in mind as another possible species for reforesting abandoned farmland in continental Mediterranean areas (within its natural distribution range) due to its high viability even in extreme ecological conditions.
9. The conversion of farmland into woodland exerts a positive effect upon the diversity of plant species at a regional level.

10. The planning of any afforestation programme involving abandoned farmland should take into account such technical and environmental criteria as soil preparation techniques, post-planting treatments, the selection of suitable species, plant quality, climate, lithology, edaphic characteristics, previous use of the land, proximity to areas of autochthonous vegetation and the density of the proposed plantation.

BIBLIOGRAFÍA

- Adam, J.C. 1997. Mulching improves early growth of four oak species in plantation establishment. *Southern Journal of Applied Forestry* 21: 44-46.
- Aguado, A., Borge, R. 2001. Cultivo de planta forestal en sustratos compuestos por diferentes subproductos orgánicos. Actas del III Congreso Forestal Español. Mesa 3: 87-93. Granada.
- Aguilar, J., Martín, F., Díez, M., Sierra, M., Fernández, J., Sierra, C., Ortega, E., Oyonarte, C. 2006. Mapa Digital de Suelos: Provincia de Granada, Dirección General para la Biodiversidad, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- Aide, T.M., Grau, H. R. 2005. Globalization, migration, and Latin American ecosystems. *Science* 305: 1915-6.
- Albaladejo, J. 1990. Impact of the degradation processes on soil quality in arid Mediterranean environments. En: Rubio, J.L. y Rickson, J. (eds.), *Strategies to Combat Desertification in Mediterranean Europe*, pp. 193-215. Commission of the European Communities.
- Albaladejo, J., Castillo, V., Roldán, A. 1996. Rehabilitation of degraded soils by water erosion in semiarid environments. En: Rubio, J.L., Calvo, A. (eds.), *Soil degradation and Desertification in Mediterranean Environment*, pp. 265-278. Geoforma. Logroño.
- Albrecht, A., Duelli, P., Müller, C., Kleijn, D., Schmid, B. 2007. The Swiss agri-environment scheme enhances pollinator diversity and plant reproductive success in nearby intensively managed farmland. *Journal of Applied Ecology* 44: 813-822.
- Alfani, A., Baldantoni, D., Maisto, G., Bartoli, G., Virzo De Santo, A. 2000. Temporal and spatial variation in C, N, S and trace element contents in the leaves of *Quercus ilex* within the urban area of Naples. *Environmental Pollution* 109: 119-129.
- Alifragis, D., Smiris, P., Maris, F., Kavvadias, V., Konstantinidou, E., Stamou, N. 2001. The effect of stand age on the accumulation of nutrients in the aboveground components of an Aleppo pine ecosystem. *Forest Ecology and Management* 141: 259-269.
- Alloza, J.A., Vallejo, R. 1999. Relación entre las características meteorológicas del año de plantación y los resultados de las repoblaciones. *Ecología* 13: 173-187.
- Alonso, C., Herrera, C.M. 2001. Patterns made of patterns: variation and covariation of leaf nutrient concentrations within and between populations of *Prunus mahaleb*. *New Phytologist* 150: 629-640.
- Alonso, F.J., Viladrich, O., Oliveira, G., Serrasolses, I. 2000. Use of sewage sludge for restoration of degraded land. Third International Congress

- of the European Society for Soil Conservation (ESSC): Man and Soil in the Third Millennium. Valencia.
- Álvarez, P., Rosa, E., Vega, P., Vega, G., Rodríguez, R. 2001. Viveros forestales y uso de planta forestal en repoblaciones en Galicia. Actas del III Congreso Forestal Español. Mesa III.: 232-238. Granada.
- Angelstam, P., Bronce, L.B., Mikusinski, G., Sporrang, U., Wästfelt, A. 2003. Assessing village authenticity with satellite images: a method to identify intact cultural landscapes in Europe. *Ambio* 32: 594-604.
- Aroca, M.J., Serrada, R., Calderón, C. 2005. Influencia del contenido de humedad y del tiempo de almacenaje sobre la capacidad germinativa en bellotas de encina (*Quercus ilex* subsp. *ballota* L.) sometidas a congelación. Resultados preliminares. Actas del IV Congreso Forestal Español. Mesa 2: nº 64. Zaragoza.
- Aronson, J., Gondard, H., Grandjanny, M., Romane, F. 2000. Indicators and constraints for autogenic return to original forest vegetation in the Cévennes. En: Whit, P. S., Mucina, L. y Leps, J. (eds.), *Vegetation science in retrospect and perspective*, pp. 51-54. Proceedings IAVS Symposium. Opulus press, Uppsala,
- Aschmann, H. 1984. A restrictive definition of Mediterranean climates. *Bulletin de la Société botanique de France* 131: 21-30.
- Baeza, M. J., Pastor, A., Martín, J., Ibáñez, M. 1991. Mortalidad post-implantación en repoblaciones de *Pinus halepensis*, *Quercus ilex*, *Ceratonia siliqua* y *Tetraclinis articulata* en la provincia de Alicante. *Studia Oecologica* 8: 139-146.
- Bakker, M.M., Govers, G., Kosmas, C., Vanacker, V., Van Oost, K., Rounsevell, M. 2005. Soil erosion as a driver of land-use change. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 105: 467-81.
- Bañón, S., Ochoa, J., Franco, J.A., Alarcón, J.J., Sánchez-Banco, M.J. 2006. Hardening of oleander seedlings by deficit irrigation and low air humidity. *Environmental and Experimental Botany* 56: 36-43.
- Barber, R.G., Romero, D. 1994. Effects of bulldozer and chain clearing on soil properties and crop yields. *Soil Science Society of America Journal* 58: 1768-1775.
- Barberá, G.G., Martínez-Fernández, F., Álvarez-Roger, J., Albaladejo, J., Castillo, V. 2005. Short and intermediate-term effects of site and plant preparation techniques on reforestation of a Mediterranean semiarid ecosystem with *Pinus halepensis* Mill. *New Forests*, 29: 177-198.

- Barbero, M., Bonin, G., Loisel, R., Quézel, P. 1990. Changes and disturbances of forest ecosystems caused by human activities in the western part of the mediterranean basin. *Vegetatio* 87: 151-173.
- Barea, J.M., Honrubia, M. 2004. La micorrización dirigida de la planta forestal. En: Vallejo, V.R. (ed.), *Avances en el estudio de la gestión del monte Mediterráneo*, pp. 215-260. Fundación CEAM. Valencia.
- Barreda, A., Sobrini, I. 2001. Reforestación de tierras agrarias con encina y coscoja. Un caso en Toledo. Actas del III Congreso Forestal Español. Mesa 3: 342-346. Granada.
- Baudry, J. 1991. Ecological consequences of grazing extensification and land abandonment: Role of interactions between environment, society and techniques. *Options Méditerranéennes - Série Séminaires* 15: 13-19.
- Baur, B., Cremene, C., Groza, G., Rakosy, L., Schileyko, A.A., Baur, A., Stoll, P., Erhardt, A. 2006. Effects of abandonment of subalpine hay meadows on plant and invertebrate diversity in Transylvania, Romania. *Biological Conservation* 132: 261-273.
- Berger, T.W., Glatzel, G. 2001. Response of *Quercus petraea* seedlings to nitrogen fertilization. *Forest Ecology and Management* 149: 1-14.
- Bellot, J., Ortiz de Urbina, J.M., Bonet, A., Sánchez, J.R. 2002. The effects of treeshelters on the growth of *Quercus coccifera* L. seedlings in a semiarid environment. *Forestry* 75: 89-106.
- Bergez, J.E., Dupraz, C. 1997. Effect of ventilation on growth of *Prunus avium* seedlings grown in treeshelters. *Agricultural and Forest Meteorology* 104: 199-214.
- Biel, C., Save, R., Habrouk, A., Espelta, J.M., Retana, J. 2004. Effects of restricted watering and CO₂ enrichment in the morphology and performance after transplanting of nursery-grown *Pinus nigra* seedlings. *Hortscience* 39: 535-540.
- Bienes, R., Moscoso, J., Del Olmo, A., Rodríguez, C. 1996. Pérdida de suelo por erosión hídrica en un suelo agrícola de la zona centro de España provocada por una tormenta de corta duración. *Ecología*, 10: 71-77.
- Blanco, E., Casado, M.A., Costa, M., Escribano, R., García, M., Génova, M., Gómez, A., Gómez, F., Moreno, J.C., Morla, C., Regato, P., Sainz, H., 1997. *Los bosques ibéricos*. Planeta, S. A. Barcelona. 572 pp.
- Boardman, J., Foster, I.D.L., Daring, J.A. 1990. *Soil erosion on agricultural land*. Ed. John Wiley y Sons. England. 687 pp.
- Bocio, I. 2002. Respuesta de la encina (*Quercus rotundifolia* Lam.) y del pino carrasco (*Pinus halepensis* Mill.) a diferentes técnicas de forestación

- en cultivos agrícolas abandonados. Tesis doctoral. Universidad de Granada.
- Boer, M.M. 1999. Assessment of dryland degradation: linking theory and practice through site water balance modelling. Ph.D. Thesis, Universiteit Utrecht.
- Bonet, A. 2004. Secondary succession of semi-arid Mediterranean old-fields in south-eastern Spain: insights for conservation and restoration of degraded lands. *Journal of Arid Environment* 56: 213-233.
- Bonet, A., Pausas, J.G. 2007. Old Field Dynamics on the Dry Side of the Mediterranean Basin: Patterns and Processes in Semiarid Southeast Spain. En: Cramer, V.A., Hobbs, R.J. (eds.), *Old Fields*, pp 247-264. Island Press. USA.
- Bremner J.M. 1965. Nitrogen availability indexes. En: Black C.A., Evans D.D., Esminger T.E. and Clark, F.E. (eds.), *Methods of Soil Analysis. Part. 2. Chemical and Microbiological Properties*, pp. 1324-1345. American Society of Agronomy, Madison.
- Brown, V.K. 1991. Early successional changes after land abandonment: the need for research. *Options Méditerranéennes* 15: 97-101.
- Bruijnzeel, L.A. 2004. Hydrological functions of tropical forests: not seeing the soil for the trees? *Agriculture, Ecosystems and Environment* 104: 185-228.
- Büchs, W. 2003. Biodiversity and agri-environmental indicators-general scopes and skills with special reference to the habitat level. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 98: 35-78.
- Bullock, J. 1996. Plants. En: Handbook, A., Sutherland, W.J. (ed.), *Ecological Census Techniques*, pp. 11-138. Cambridge University Press: Cambridge.
- Bullock, J.M., Moy, I.L., Pywell, R.F., Coulson, S.J., Nolan, A.M., Caswell, H. 2002. Plant dispersal and colonization processes at local and landscape scales. En: Bullock, J.M., Kenward, R.E., Hails, R.S. (eds.), *Dispersal Ecology*, pp. 279-302. Blackwell Science. Oxford, UK.
- Burel, F., Baudry, J. 2002. *Ecología del Paisaje. Conceptos, métodos y aplicaciones*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 347 pp.
- Burke, I.C., Yonker, C.M., Parton, W.J., Cole, C.V., Flach, K., Schimel, D.S. 1989. Texture, climate, and cultivation effects on soil organic matter content in US grassland soils. *Soil Science Society of America Journal* 53: 800-805.
- Bussotti, F., Borghini, F., Celesti, C., Leonzio, C., Bruschi, P. 2000. Leaf morphology and macronutrients in broadleaved trees in central Italy. *Trees* 14: 361-368.

- Bussotti, F., Borghini, F., Celesti, C., Leonzio, C., Cozzi, A., Bettini, D., Ferretti, M. 2003. Leaf shedding, crown condition and element return in two mixed holm oak forests in Tuscany, central Italy. *Forest Ecology and Management* 176: 273-285.
- Calderón, C. 2005. Influencia de la época de siembra en los parámetros morfológicos de la calidad de planta en vivero de *Quercus petraea* (Matts.) Liebl. y *Quercus pyrenaica* Willd. Actas del IV Congreso Forestal Español. Mesa 2: nº 61. Zaragoza.
- Cantos, M., Liñan, J., Troncoso, J., Aparicio, A., Troncoso, A. 2001. El cultivo in Vitro, un método para mejorar la germinación de plantas con interés forestal en Andalucía. Actas del III Congreso Forestal Español. Mesa 3: 683-689. Granada.
- Cañadas, E. 2008. Estudio de tierras agrícolas abandonadas en ambiente mediterráneo semiárido: vegetación, suelo y distribución espacial. Bases para la gestión. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
- Caravaca, F., Lax, A., Albaladejo, J. 1999. Organic matter, nutrient contents and cation exchange capacity in fine fractions from semiarid calcareous soils. *Geoderma* 93: 161-176.
- Caravaca, F., Aiguacil, M.D., Díaz, G., Marín, P., Roldán, A. 2006. Growth and nitrate reductase activity in *Juniperus oxycedrus* subjected to organic amendments and inoculation with arbuscular mycorrhizae. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 169: 501-505.
- Caravaca, F., Barea, J.M., Figueroa, D., Roldán, A. 2002a. Assessing the effectiveness of mycorrhizal inoculation and soil compost addition for enhancing reforestation with *Olea europaea* subsp. *sylvestris* through changes in soil biological and physical parameters. *Applied Soil Ecology* 20: 107-118.
- Caravaca, F., García, C., Hernández, M.T., Roldán, A. 2002b. Aggregate stability changes alter organic amendment and mycorrhizal inoculation in the afforestation of a semiarid site with *Pinus halepensis*. *Applied Soil Ecology* 19: 199-208.
- Caravaca, F., Hernández, T., García, C., & Roldán, A. 2002c. Improvement of rhizosphere aggregate stability of afforested semiarid plant species subjected to mycorrhizal inoculation and compost addition. *Geoderma* 108: 133-144.
- Carmona, E., Ordovas, J., Moreno, M.T., Aviles, M., Aguado, M.T., Ortega, M.C. 2003. Hydrological properties of cork container media. *Hortscience* 38: 1235: 1241.
- Carrasco, I., Peñuelas, J.L., Benito, L.F., Villar-Salvador, P., Domínguez, S., Herrero, N., Nicolás, J.L. 2001. Fertilización convencional y

- exponencial con diferentes dosis en plantas de *Pinus halepensis* y *Pinus nigra* cultivadas en contenedor. Actas del III Congreso Forestal Español. Mesa 3: 757-762. Granada.
- Carreras, C., Sánchez, J., Reche, P., Herrero, D., Navarro, A., Navío, J.J. 1997. Primeros resultados de una repoblación mediante siembra con protectores en Vélez-Rubio (Almería). *Cuadernos de la Sociedad de Ciencias Forestales*. 4: 135-139.
- Cartan-Son, M., Floret, C., Galan, M.J., Grandjanny, M., Le Floc'h, E., Maistre, M., Perret, P., Romane, F. 1992. Factors affecting radial growth of *Quercus ilex* L. in a coppice stand in southern France. *Vegetatio* 99-100: 61-68.
- Casadesús, J., Tambussi, E., Royo, C., Araus, J.L. 2000. Growth assessment of individual plants by an adapted remote sensing technique. *Options Méditerranéennes* 40: 129-132.
- Cassel D.K. and Nielsen D.R. 1986. Fields capacity and available water capacity. In: Klute A. (ed.), *Methods of Soil Analysis*. Part. 1: Physical and Mineralogical Methods, pp. 901-926. ASA, SSSA Monograph No 9, Madison, WI.
- Castillo, V., Querejeta, J., Albadalejo, J. 2001. Disponibilidad hídrica en repoblaciones de *Pinus halepensis* Mill. en medios semiáridos: efectos de los métodos de preparación del suelo. III Congreso Forestal Español. Mesa 3: 94-99. Granada.
- Castillo, V.M., Albaladejo, J., Roldán, A., Querejeta, J.I. 2004. La utilización de los residuos orgánicos en la restauración forestal: el uso de residuos sólidos urbanos. En: Vallejo, V.R. (ed.), *Avances en el estudio de la gestión del monte Mediterráneo*, pp 283-312. Fundación CEAM. Valencia.
- Castroviejo, S. *et al.* (eds.), 1986-2006. *Flora Iberica*, vols. 1-8. Ed. Real Jardín Botánico de Madrid-C.S.I.C. Madrid.
- Castro-Díez, P., Navarro, J. 2007. Water relations of seedlings of three *Quercus* species: variations across and within species grown in contrasting light and water regimes. *Tree Physiology* 27: 1011-1018.
- Causton, D.R., Venus, J.C. 1981. *The biometry of plant growth*. Ed. Edward Arnold. London. 307pp.
- Cerdá, A. 2003. Tierras marginales, abandono del campo y erosión. *Métode: Anuario*, nº 2002-2003: 176-179.
- Chaar, H., Mechergui, T., Khouaja, A., Abid, H. 2008. Effects of treeshelters and polyethylene mulch sheets on survival and growth of

- cork oak (*Quercus suber* L.) seedlings planted in northwestern Tunisia. *Forest Ecology and Management* 256: 722-731.
- Chalmers, N., Parker, P. 1989. *The OU Project Guide: Fieldwork and Statistics for Ecological Projects*. Field Studies Council: Dorchester.
- Chapin, F.S. 1980. The mineral nutrition of wild plants. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 11: 233-260.
- Chirino, E., Vilagrosa, A., Hernández, E.I., Matos, A., Vallejo, M.R. 2008. Effects of a deep container on morpho-functional characteristics and root colonization in *Quercus suber* L. seedlings for reforestation in Mediterranean climate. *Forest Ecology and Management*, 256: 779-785.
- Cierjacks, A., Heslen, I. 2004. Variation of stand structure and regeneration of Mediterranean holm oak along a grazing intensity gradient. *Plant Ecology* 173(2): 215-223.
- Cifuentes, B., Merlo, E., Moreira, L., Argibay, A. 2001. Ensayo piloto para estudiar la influencia del envase y tiempo de cultivo en el desarrollo y estructura del sistema radical de *Pinus pinaster* Ait. Actas del III Congreso Forestal Español. Mesa 3: 722-728. Granada.
- Clairin, R., Brion, P. 2001. Cuadernos de Estadística: Manual de Muestreo. Ed. Hespérides y La Muralla S.A. Madrid.
- Comisión Europea. 1985. *Perspectivas para la política Agrícola Común*. COM (85) 333. Bruselas.
- Consejería de Agricultura y Pesca. 2008. *Programa de Desarrollo Rural de Andalucía 2007-2013*. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. Sevilla. 22 pp.
- Cornelissen, J.H.C., Werger, M.J.A., Castro-Díez, P., Van Rheenen, J.W.A., Rowland, A.P. 1997. Foliar nutrients in relation to growth, allocation and leaf traits in seedlings of a wide range of woody plant species and types. *Oecologia* 111: 460-469.
- Cortes, P., Espelta, J.M., Save, R., Biel, C. 2004. Effects of nursery CO₂ enriched atmosphere on the germination and seedling morphology of two Mediterranean oaks with contrasting leaf habit. *New Forests* 28: 79-88.
- Cortina, J., Bellot, J., Vilagrosa, A., Caturla, R.N., Maestre, F.T., Rubio, E., Ortíz De Urbina, J.M, Bonet, A. 2004. Restauración en semiárido. En: Vallejo, V.R., Alloza, J.A. (eds.), *Avances en el estudio de la gestión del monte Mediterráneo*, pp. 345-406. Fundación CEAM. Valencia.

- Cortina, J., Peñuelas, J.L., Puértolas, J., Savé, R., Vilagrosa, A. 2006. *Calidad de planta forestal para la restauración en ambientes mediterráneos*. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid. 191 pp.
- Costa M., Gómez, G., Morla, C., Sáinz, H. 1993. Caracterización fitoecológica de los sabinars albares de la Península Ibérica. *Orsis* 8: 79-93.
- Costello, L.R., Peters, A., Giusti, G.A. 1996. An evaluation of treeshelter effects on plant survival and growth in a Mediterranean climate. *Journal of Arboriculture* 22: 1-9.
- Cuaderno de la Sociedad de Ciencias Forestales: 2004. *Actas de la III Reunión sobre Repoblaciones Forestales*. Sociedad de Ciencias Forestales 17. Pontevedra. 253 pp.
- Cuaderno de la Sociedad de Ciencias Forestales: 2008. *Actas de la IV Reunión sobre Repoblaciones Forestales*. Sociedad de Ciencias Forestales 28. Pontevedra. 322 pp.
- Dauber, J., Bengtsson, J., Lenoir, L. 2006. Evaluating effects of habitat loss and land-use continuity on ant species richness in seminatural grassland remnants. *Conservation Biology* 20: 1150-1160.
- Davis, R.D. 1984. Crop uptake of metals (cadmium, lead, mercury, copper, nickel, zinc and chromium) from sludge-treated soil and its implications for the human diet. En: L' Hermite, Hott (eds.), *Processing and use of sewage sludge*, pp. 349-357. Reidel Publ. Dordrecht. The Netherlands.
- De Angelis, D.L. 1992. *Dynamics of nutrient cycling and food webs*. Chapman and hall. London.
- De la Torre, J. R. 1971. *Árboles y Arbustos de España Peninsular*. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Madrid.
- De Ploey, J. 1985. Experimental data on runoff generation. En: Swalfy, S.A., Moldenhauer, W.C., Lo, A. (eds.), *Soil Erosion and Conservation*, pp. 528-539.
- De Simón, E. 1990. Restauración de la vegetación en cuencas mediterráneas: repoblaciones en zonas áridas. *Ecología, Fuera de Serie* 1: 401-427.
- De Simón, E. 1994. *Restauración de la vegetación. Restauración de encinares*. Plan de Restauración de la Cubierta Vegetal en la Comunidad Valenciana: Reunión de Coordinación.
- De Simón, E., Ripoll, M.A., Bocio, I., Navarro, F.B., Jiménez, M.N., Gallego, E. 2004a. Preparación del suelo en repoblaciones de zonas semiáridas. En: Vallejo, V.R. (ed.), *Avances en el estudio de la gestión del monte Mediterráneo*, pp 161-193. Fundación CEAM. Valencia.
- De Simón, E., Ripoll, M.A., Fernández-Ondoño, E., Navarro, F.B., Jiménez, M.N., Gallego, E. 2006. Eficacia de las microcuencas en la supervivencia

- del pino carrasco (*Pinus halepensis* Mill.) y de la encina (*Quercus ilex* L. subsp. *ballota* (Desf.) Samp.) en distintos ambientes mediterráneos. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales* 15 (2): 218-230.
- De Simón, E., Ripoll, M. A., González-Rebollar, J.L. 2004b. *Forestación en Paisajes Agrarios*. Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía. Granada. 336 pp.
- Del Campo, A.D., Cerrillo, R.M.N., Hermoso, J., Ibáñez, A.J. 2007. Relationships between site and stock quality in *Pinus halepensis* Mill. reforestation on semiarid landscapes in eastern Spain. *Annals of Forest Science* 64: 719-731.
- Del Campo, A.D., Hermoso, J., Navarro, M. 2005. Calidad de planta de alcornoque (*Quercus suber* L.) para la restauración del enclave singular del Surar de Pinet (Valencia). Actas del IV Congreso Forestal Español. Mesa 2. nº 10. Zaragoza.
- Del Campo, A.D., Navarro, R.M. 2004. Stoktypes quality of Holm oak (*Quercus ilex* L. subsp. *ballota*) (Desf.) Samp.) seedlings from different nurseries. Evaluation of field performance. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales* 17: 35-42.
- Del Campo, A.D., Navarro, R.M., Aguilera, A., González, E. 2006. Effect of tree shelter design on water condensation and run-off and its potencial benefit for reforestation establishment in semiarid climates. *Forest Ecology and Management* 235: 107-115.
- Díaz Álvarez, M.C., Almorox Alonso, J. 1994. La erosión del suelo. *El Campo* 131 (Agricultura y Medio Ambiente): 81-93.
- Di Castri, F. 1973. Climatographical comparisons between Chile and the western coast of North America. En: Di Castri, F., Money, H.A. (eds.), *Mediterranean type-ecosystems*, pp. 21-36. Springer-Verlag. Berlin, Germany.
- Dirección General de Agricultura y Alimentación 1999. *Programa de forestación de tierras agrarias de la Comunidad de Madrid 1993/1998*. Comunidad de Madrid. Madrid.
- Do Amaral, J. 1987. *Juniperus*. En: Castroviejo, S., Laínz, M., López, G., Monserrat, P., Muñoz, F., Paiva, J., Villar, L. (eds.), *Flora Ibérica*, Vol. I, pp. 179-188. Real Jardín Botánico de Madrid, España.
- Domenech, J., Ramos-Solano, B., Probanza, A., Lucas-García, J.A., Colón, J.J., Gutierrez-Manero, F.J. 2004. *Bacillus* spp. and *Pisolithus tinctorius* effects on *Quercus ilex* ssp *ballota*: a study on tree growth, rhizosphere community structure and mycorrhizal infection. *Forest Ecology and Management* 194: 293-303.

- Domínguez, J.A., Planelles, R., Rodríguez-Barreal, J.A., Saíz de Omeñaca, J.A., Zazo, J., Teyssiere, M., Martínez, G., Pinazo, O. 2001a. Estado hídrico y demanda de fotosíntesis de *Quercus ilex*, *Quercus faginea* y *Pinus halepensis* micorrizados artificialmente con *Tuber melanosporum* en vivero. Actas del III Congreso Forestal Español. Mesa 3: 491-497. Granada.
- Domínguez, J.A., Rodríguez-Barreal, J.A., Saíz de Omeñaca, J.A., Zazo, J., Teyssiere, M., Pinazo, O. 2001b. La calidad de la planta micorrizada. Importancia de su determinación y certificación. Actas del III Congreso Forestal Español. Mesa 3: 14-21.
- Domínguez-Lerena, S. 1999. Influencia de distintos tipos de contenedores en el desarrollo en campo de *Pinus halepensis* y *Quercus ilex*. Reunión de coordinación del programa I + D forestal. Fundación CEAM.
- Domínguez-Lerena, S., Sierra, N.H., Manzano, I.C., Bueno, L.O., Rubira, J.L.P., Mexal, J.G. 2006. Container characteristics influence *Pinus pinea* seedling development in the nursery and field. *Forest Ecology and Management* 221: 63-71.
- Doran, J.W., Parkin, T.B. 1994. Defining and assessing soil quality. En: Doran, J.W., Coleman, D.C., Bezdicek, D.F., Stewart, B.A. (eds.), *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*, pp. 3-21. Soil Science Society of America, Inc., Madison.
- Duffy, P.D., Ursic, S.J. 1991. Land rehabilitation success in the Yazoo basin, USA. *Land Use Policy* 8: 196-205.
- Dunjó, G., Pardini, G., Gispert, M. 2004. The role of land use-land cover on runoff generation and sediment yield at a microplot scale, in a small Mediterranean catchment. *Journal of Arid Environments* 57: 99-116.
- Dupraz, C., Berger, J.E. 1999. Carbon dioxide limitation of the photosynthesis of *Prunus avium* L. seedlings inside an unventilated treeshelter. *Forest Ecology and Management* 119: 89-97.
- Duryea, M.L. 1985. Evaluating seedling quality: importance to reforestation. En Proceedings: Duryea, M.L. (ed.), *Evaluating seedling quality: principles, procedures and predictive abilities of mayor tests*, pp. 1-4. FRL. OSU, Corvallis. Oct. 16-18, 1984.
- Elliott, E.T. 1986. Aggregate structure and carbon, nitrogen, and phosphorus in native and cultivated soils. *Soil Science Society of America Journal* 50: 627-633.
- Famiani, F., Proietti, P., Micheli, M., Boco, M., Standardi, A. 2007. Effects of tree shelters on young olive (*Olea europaea*) tree growth and physiology. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 35: 303-312.

- FAO-ISRIC. 1998. *Base Referencial Mundial del recurso del suelo*. FAO. Roma, 91 pp.
- Farina, A. 1998. Bird diversity in a changing landscape (Tuscany, Italy). En: Rundel, PW, Montenegro, G, Jaksic, FM (eds.), *Landscape Disturbance and Biodiversity in Mediterranean type Ecosystems*, pp 349-367. Springer. Berlin.
- Fenner, M. 1987. Seedling. *New Phytologist* 106 (Suppl.): 35-47.
- Fernández, M., Royo, A., Gil, L., Pardos, J.A. 2003. Effects of temperature on growth and stress hardening development of phytotron-grown seedlings of Aleppo pine (*Pinus halepensis* Mill.). *Annals of Forest Science* 60: 277-284.
- Fernández, P., González, E., Martínez, A., Navarro, R. 2004. *Mantenimiento y conservación del suelo en forestaciones agrarias*. Asociación Española de Agricultura de Conservación/Suelos Vivos y Departamento de Ingeniería Forestal de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes de la Universidad de Córdoba. Córdoba. 186 pp.
- Fernández-Ondoño, E. 2004. Suelos forestales y agrícolas. En: De Simón, E., Ripoll, M.A., González, J.L. (eds.), *Forestación en paisajes agrarios*, pp 41-66. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. Granada.
- Ferrerías, C., Montiel, C., Álvarez, P. 2001. La forestación de tierras agrarias en el Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares (Madrid, España). En: Cano, E., García, A., Torres, J.A., Salazar, C. (eds.), *Valoración y Gestión de Espacios Naturales*, pp. 131-142. Universidad de Jaén. Jaén.
- Flores, D., Úbeda, D., Orozco, E., Martínez-Sánchez, J.J. 2001. Estudio del crecimiento y supervivencia de *Celtis australis* L. en repoblaciones de terrenos agrícolas de la región de Murcia. Actas del III Congreso Forestal Español. Mesa 3: 360-365.
- Francis, C.F. 1990. Variaciones sucesionales y estacionales de vegetación en campos abandonados de la provincia de Murcia, España. *Ecología* 4: 35-47.
- Franzluebbers, A.J. 2002. Soil organic matter stratification ratio as an indicator of soil quality. *Soil and Tillage Research* 66: 95-106.
- Franzluebbers, A.J., Hons, F.M., Zuberer, D.A. 1998. In situ and potential CO₂ evolution from a Fluventic Ustochrept in southcentral Texas as affected by tillage and cropping intensity. *Soil and Tillage Research* 47: 303-308.

- Franzluebbers, A.J., Schoenberg, H.H., Endale, D.M. 2007. Surface-soil responses to paraplowing of long-term no-tillage cropland in the Southern Piedmont USA. *Soil and Tillage Research* 96: 303-315.
- French, L.J., Smith, G.F., Kelly, D.L., Mitchell, F.J.G., O'Donoghue, S., Iremonger, S.F., McKee, A. 2008. Ground flora communities in temperate oceanic plantation forests and the influence of silvicultural, geographic and edaphic factors. *Forest Ecology and Management* 255: 476-494.
- Fried, G., Norton, L.R., Reboud, X. 2008. Environmental and management factors determining weed species composition and diversity in France. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 128: 68-76.
- Fuentes, D., Cortina, J., Valdecantos, A., Casanova, G. 2002. Evaluación de compost procedentes de purines para la producción de planta forestal y ornamental. *Porci* 71: 57-68.
- Fuentes, D., Disante, K.B., Valdecantos, A., Cortina, J., Vallejo, V.R. 2007a. Response of *Pinus halepensis* Mill. seedlings to biosolids enriched with Cu, Ni and Zn in three Mediterranean forest soils. *Environmental Pollution* 145: 316-323.
- Fuentes, D., Valdecantos, A., Cortina, J., Vallejo, V.R. 2007b. Seedling performance in sewage sludge-amended degraded mediterranean woodlands. *Ecological engineering* 31: 281-291.
- García, C., Hernández, T., Albaladejo, J., Castillo, V., Roldán, A. 1998. Revegetation in semiarid zones: influence of terracing and organic refuse on microbial activity. *Soil Science Society of America Journal* 62: 670-676.
- García, C., Hernández, T., Costa, F. 1992a. Phytotoxicity due to the agricultural use of urban wastes. Germination experiments. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 59: 313-319.
- García, C., Hernández, T., Costa, F. 1992b. Variation in some chemical parameters and organic matter in soils regenerated by the addition of municipal solid waste. *Environmental Management* 16: 763-768.
- García, C., Hernández, T., Roldán, A., Albaladejo, J., Castillo, V. 2000. Organic amendment and mycorrhizal inoculation as a practice in afforestation of soils with *Pinus halepensis* Miller: effect on their microbial activity. *Soil Biology & Biochemistry* 32: 1173- 1181.
- García-Ruíz, J.M., Lasanta, T., Ortigosa, L., Ruíz-Flaño, P., Mart, C., González, C. 1995. Sediment yield under different land uses in the Spanish Pyrenees. *Mountain Research and Development* 15 (3): 229-240.

- García-Ruíz, J.M., Ruíz-Flaño, P., Lasanta, T., Montserrat, G., Martínez-Rica, J.P., Pardini, G. 1991. Erosion in abandoned fields, What is the problem? En: Sala, M., Rubio, J.L., Gacia-Ruiz, J.M. (eds.), *Soil erosion studies in Spain*, pp 97-108. Geoforma, Logroño.
- Gauquelin, T., Asmodé, J. F., Largier, G. 2000. Le Genévrier thurifère (*Juniperus thurifera* L.) dans la bassin occidental de la Méditerranée: répartition et enjeux. ONF-Les dossiers forestiers 6: 14-24.
- Gil, L., Pardos, J. A. 1997. Aspectos funcionales del arraigo. La calidad fisiológica de la planta forestal. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales* 4: 27-33.
- Gimona, A., van der Horst, D. 2007. Mapping hotspots of multiple landscape functions: a case study on farmland afforestation in Scotland. *Landscape Ecology* 22: 1255-1264.
- Giusquiani, P.L., Pagliai, M., Gigliotti, G., Businelli, D., Benetti, A. 1995. Urban waste compost: Effects on physical, chemical, and biochemical soil properties. *Journal of Environmental Quality* 24: 175-182.
- Glaub, J.C., Gouleke, G.G. 1989. Municipal organic wastes and composts for arid areas. *Arid Soil Research and Rehabilitation* 3: 171-184.
- Godron, M. 1995. Paisajes mediterráneos sometidos a perturbación: consideraciones básicas. En: Pastor-López, A. y Seva-Román, E. (eds.), *Restauración de la cubierta vegetal en ecosistemas mediterráneos*, pp. 13-20. Diputación Provincial de Alicante, España.
- Gómez, F., Costa, M., Morla, C., Saínez, H. 2000. Elementos para una interpretación paleogeográfica de los sabinares albares de la Península Ibérica. ONF-Les dossiers forestiers 6: 171-179.
- Gómez-Jover, F., Jiménez, F.J. 1997. *Forestación de Tierras Agrícolas*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid. 383 pp.
- Gómez, V., Elena, R. 1997. Investigación de las marras causadas por factores ecológicos de naturaleza meteorológica. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales* 4: 13-25.
- González, E. 1947. *Selvicultura: Fundamentos Naturales y Especies Forestales*. Los bosques ibéricos. Dossat, S. A. Madrid.
- Green, D.S., Kruger, E.L., Stanosz, G.R. 2003. Effects of polyethylene mulch in a short-rotation poplar plantation vary with weed-control strategies site quality and clone. *Forest Ecology and Management* 173: 251-260.
- Guerra, A. 1994. The effect of organic matter content on soil erosion in simulated rainfall experiments in W. Sussex, UK. *Soil Use and Management* 10: 60-64.

- Hajabbasi, M.A., Jalalian, A., Karimzadeh, H.R. 1997. Deforestation effects on soil physical and chemical properties, Lordegan, Iran. *Plant and Soil* 190: 301-308.
- Harden, C.P. 1996. Interrelationships between land abandonment and land degradation: a case from the Ecuatorian Andes. *Mountain Research and Development* 16: 274-80.
- Haynes, R.J., Swift, R.S. 1990. Stability of soil aggregates in relation to organic constituents and soil water content. *Journal of Soil Science* 41: 73-83.
- Haywood, J.D. 1999. Durability of selected mulches, their ability to control weeds, and influence growth of loblolly pine seedlings. *New Forests* 18: 263-277.
- Haywood, J.D. 2000. Mulch and hexazinona herbicide shorten the time long-life pine seedlings are in the grass stage and increase height growth. *New Forests* 19: 279-290.
- Herranz, J.M., Jordán, E., García, F.A., Orozco, E., López, J.A., Martínez, J.J. 2001. Germinación de semillas de especies de matorral en condiciones controladas de aireación, humedad, luz y temperatura. Actas del III Congreso Forestal Español. Mesa 3: 480-486. Granada.
- Hobbs, R.J., Cramer, V.A. 2007. Why Old Fields? Socioeconomic and ecological causes and consequences of land abandonment. En: Cramer, V.A. y Hobbs, R.J. (eds.), *Old Fields, dynamics and restoration of abandoned farmland*, pp: 1-14. Society for Ecological Restoration International. Island Press.
- Höchtl, F, Lehringer, S., Konold, W. 2005. Wilderness: what it means when it becomes a reality- a case study from the southwestern Alps. *Landscape and Urban Planning* 70: 85-95.
- Hodgson, J.G., Montserrat-Martí, G., Cerabolini, B., Ceriani, R.M., Maestro-Martínez, M., Peco, B., Wilson, P.J., Thompson, K., Grime, J.P., Band, S.R., Bogard, A., Castro-Díez, P., Charles, M., Jones, G., Pérez-Rontomé, M.C., Caccianiga, M., Alard, D., Bakker, J.P., Cornelissen, J.H.C., Dutoit, T., Grootjans, A.P., Guerrero-Campo, J., Gupta, P.L., Hynd, A., Kahmen, S., Poschlod, P., Romo-Díez, A., Rorison, I.H., Rosén, E., Schreiber, F., Tallowin, J., de Torres-Espuny, L., Villar-Salvador, P. 2005. A functional method for classifying European grasslands for use in joint ecological and economic studies. *Basic and Applied Ecology* 6: 119-131.
- Hopmans, P., Bauhus, J., Khanna, P., Weston, C. 2005. Carbon and nitrogen in forest soils: Potential indicators for sustainable management of

- eucalypt forests in south-eastern Australia. *Forest Ecology and Management* 220: 75-87.
- Hubert, M.B. 1991. Changing land uses in Provence (France). Multiple use as a management tool. *Options Méditerranéennes* 15: 31-52.
- Iglesias, A., Serrada, R. 2005. Análisis de la supervivencia en repoblaciones con *Quercus ilex* L. en la provincia de Ávila según diferentes métodos de preparación del suelo y empleo de protectores. Actas del IV Congreso Forestal Español. Mesa 2: nº 2. Zaragoza.
- IGME (Instituto Geológico y Minero de España). 1979. Mapa Geológico de España. Escala 1:50.000 (Hoja Benalúa de Guadix 21-40 (993)). Ed. Servicio de Publicaciones del Ministerio de Industria y Energía. Madrid.
- IGME (Instituto Geológico y Minero de España). 1980. Mapa Geológico de España. Escala 1:50.000. Ed. Servicio de Publicaciones del Ministerio de Industria y Energía. Madrid.
- Ingelmo, F., Canet, R., Ibáñez, M.A., Pomares, F., García, J. 1998. Use of MSW compost, dried sewage sludge and other wastes as partial substitutes for peat and soil. *Bioresource Technology* 63: 123-129.
- Inoue, T. 2005. Causes of butterfly decline in Japan. *Japanese Journal of Entomology (New Series)* 8: 43-64.
- Jenny, H. 1980. *The Soil Resource*. Ecological Studies, Vol. 37. Springer, New York.
- Jiménez, M.N., Ripoll, M.A., Navarro, F.B., Bocio, I., De Simón, E. 2004. Modificación del microclima edáfico producido por riegos en forestaciones de zonas semiáridas. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales (Fuera de serie)*: 142-151.
- Joffre, R., Rambal, S., Damesin, C. 1999. Functional attributes in Mediterranean-type ecosystems. En: Puignaire, F.I. y Valladares, F. (eds.), *Handbook of functional plant ecology*, pp 347-380. Marcel Dekker, Inc. New York.
- Karlsson, A. 2002. Site preparation of abandoned fields and early establishment of planted small-sized seedlings of silver birch. *New Forests* 23: 159-175.
- Keersmaecker, L.D., Martens, L., Verheyen, K., Hermy, M., Schrijver, A.D., Lust, N. 2004. Impact of soil fertility and insolation on diversity of herbaceous woodland species colonizing afforestations in Muizen forest (Belgium). *Forest Ecology and Management* 188: 291-304.
- Kleijn, D., Baquero, R.A., Clough, Y., Díaz, M., De Esteban, J., Fernández, F., Gabriel, D., Herzog, F., Holzschuh, A., Jöhl, R., Knop, E., Kruess, A., Marshall, E.J.P., Steffan-Dewenter, I., Tscharntke, T., Verhulst, J.,

- West, T.M., Yela J.L. 2006. Mixed biodiversity benefits of agri-environment schemes in five European countries. *Ecology Letters* 9: 243-254.
- Kleijn, D., Joenje, W., Le Cœur, D., Marshall, E.J.P. 1998. Similarities in vegetation development of newly established herbaceous strips along contrasting European field boundaries. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 68: 13-26.
- Kleijn, D., Sutherland, W.J. 2003. How effective are European agri-environment schemes in conserving and promoting biodiversity? *Journal of Applied Ecology* 40: 947-969.
- Klemmedson, J.O. 1989. Soil organic matter in arid and semiarid ecosystems: sources, accumulation and distribution. *Arid Soil Research and Rehabilitation* 3: 99-114.
- Kozlowski, T.T., Kramer, P.J., Pallardy, S.G. 1991. *The physiological ecology of woody plants*. Academic Press. Toronto. 657 pp.
- Laiolo, P., Dondero, F., Ciliento, E., Rolando, A. 2004. Consequences of pastoral abandonment for the structure and diversity of the alpine avifauna. *Journal of Applied Ecology* 41: 294-304.
- Lal, R., Stewart, B.A. 1992. Need for land restoration. En: Lal, R. y Stewart, B.A. (eds.), *Advances in Soil Science: Soil Restoration* (Vol. 17), pp 1-12. Springer-Verlag, New York.
- Lambin, E.F., Geist, H.J., Lepers, E. 2003. Dynamics of land-use and land-cover change in tropical regions. *Annual Review of Environment and Resource*, 28: 205-41.
- Larcher, W. 1995. *Physiological Plant Ecology*. Springer-Verlag. New York, Berlin, Heidelberg. 513 pp.
- Larchevêque, M., Ballini, C., Korboulewsky, N., Montés, N. 2006. The use of compost in afforestation of Mediterranean areas: effects on soil properties and young tree seedlings. *Science of the Total Environment* 369: 220-230.
- Lasanta, T. 1996. El proceso de marginación de tierras en España. En: Lasanta, T y García Ruiz, JM (eds.), *Erosión y recuperación de tierras en áreas marginales*, pp 7-31. Instituto de Estudios Riojanos y Sociedad Española de Geomorfología. Logroño.
- Lasanta, T., García-Ruiz, J.M., Pérez-Rontomé, C., Sancho-Marcén, C. 2000. Runoff and sediment yield in a semi-arid environment: the effect of land management after farmland abandonment. *Catena* 38: 265-278.
- Lasanta-Martinez, T., Vicente-Serrano, S.M., Cuadrat-Prats, J.M. 2005. Mountain Mediterranean landscape evolution caused by the

- abandonment of traditional primary activities: a study of the Spanish Central Pyrenees. *Applied Geography* 25: 47-65
- Lavorel, S., Touzard, B., Lebreton, D.J., Climent, B. 1998. Identifying functional groups for response to disturbance in an abandoned pasture. *Acta Oecologica* 19 (3): 227-240.
- Le Bissonnais, Y., Arrouays, D. 1997. Aggregate stability and assessment of soil crustability and erodibility: II. Application to humic loamy soils with various organic carbon contents. *European journal of Soil Science* 48: 39-48.
- Lepš, J., Šmilauer, P. 2003. *Multivariate analysis of ecological data using CANOCO*. Cambridge University Press, UK. 269 pp.
- Leroy C., Caraglio Y. 2003. Effect of tube shelters on the growth of young Turkish pines (*Pinus brutia* Ten., Pinaceae). *Annals of Forest Science* 60: 539-547.
- Llorens, P., Gallart, F. 1992. Small basin response in a Mediterranean mountainous abandoned farming area. *Catena* 19: 309-320.
- Llorens, P., Queralt, I., Plana, F., Gallart, F. 1997. Studying solute and particulate sediment transfer in a small Mediterranean mountainous catchment subject to land abandonment. *Earth Surface Processes and Landforms* 22: 1027-1035.
- Lloret, F., Casanovas, C., Peñuelas, J. 1999. Seedling survival of Mediterranean shrubland species in relation to root:shoot ratio, seed size and water and nitrogen use. *Functional Ecology* 13: 210-216.
- Lloret, F., Marí, G.A. 2001. A comparison of the medieval and the current fire regimes in managed pine forests of Catalonia (NE Spain). *Forest Ecology and Management* 141: 155-63.
- López-Bermúdez, F. 1998. Erosión y desertificación: implicaciones ambientales y estrategias de investigación. *Papeles de Geografía* 28: 77-89.
- López-Bermúdez, F., Romero-Díaz, M.A. 1993. Cuadernos I, *Geográfica*: 7-28.
- López, G. 2001. *Los árboles y arbustos de la Península Ibérica*. Tomo I. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.
- López, J.A., Martínez, J.J., Orozco, E., Ferrandis, P., Selva, M. 2001. Evaluación de técnicas de forestación con encinas y arbustos en terrenos agrícolas de la Mancha, España. *Actas del III Congreso Forestal Español*. Mesa 3: 143-149.
- Luis, V.C., Peters, J., González-Rodríguez, A.M., Jiménez, M.S., Morales, D. 2004. Testing nursery plant quality of Canary Island pine seedlings

- grown under different cultivation methods. *Phyton-Annales Rey Botanicae* 44: 231-244.
- Luis, V.C., Puértolas, J., Climent, J., Peters, J., González-Rodríguez, A.M., Morales, D., Jiménez, M.S. 2009. Nursery fertilization enhances survival and physiological status in Canary Island pine (*Pinus canariensis*) seedlings planted in a semiarid environment. *European Journal of Forest Research* 128: 221-229.
- Luoto, M., Pykälä, J., Kuussaari, M. 2003. Decline of landscape-scale habitat and species diversity after the end of cattle grazing. *Journal for Nature Conservation* 11: 171-8.
- Luysaert, S., Sulkana, M., Raitio, H., Hollmén, J. 2004. Evaluation of forest nutrition based on large-scale foliar surveys: are nutrition profiles the way of the future? *Journal of Environmental Monitoring* 6: 160-167.
- Madsen, L.M. 2002. The Danish afforestation programme and spatial planning: new challenges. *Landscape and Urban Planning*. 58: 241-254.
- Maestre, F.T., Cortina, J., Bautista, S., Bellot, J., Vallejo, R. 2003. Small-scale environmental heterogeneity and spatiotemporal dynamics of seedling establishment in a semiarid degrade ecosystem. *Ecosystems* 6: 630-643.
- Magurran, A.E. 1988. *Ecological diversity and its measurements*. Princeton University Press, New Jersey. 179 pp.
- MAPA. 1996. *Anuario de Estadística Agraria. Año 1994*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.
- MAPA. 2006. *Forestación de Tierras Agrícolas: Análisis de su evolución y contribución a la fijación del carbono y al uso racional de la tierra*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid. 374 pp.
- Marey-Pérez, M.F., Rodríguez-Vicente, V. 2008. Forest transition in Northern Spain: Local responses on large-scale programmes of field-afforestation. *Land Use Policy* 26: 139-156.
- Marschner, H. 1986. *Mineral nutrition of higher plants*. Academic Press, London. 674 pp.
- Martín, F., González-Vila, F.J., Saiz-Jiménez, C., Verdejo, T. 1980. Problemas que plantea la utilización de residuos sólidos urbanos en agricultura. Actas del III Congreso Nacional de Química Agrícola y Alimentaria. Vol. I: 125-133. Sevilla.
- Martínez-Raya, A. 1996. Evaluación y manejo de suelos salinos y sódicos. En: Aguilar, J., Martínez Raya, A., Roca, A. (eds.), *Evaluación y Manejo de suelos*, pp 195-208. Edita Junta de Andalucía, Universidad de Granada y SECS. Granada.

- Martínez, F., Cuevas, G., Calvo, R., Walter, I. 2003. Biowaste effects on soil and native plants in a semiarid ecosystem. *Journal of Environmental Quality* 32: 472-479.
- Martínez, P., Ruíz, F. 2001. Experiencias sobre repoblaciones realizadas al amparo del plan de forestación de Castilla-La Mancha, sobre terrenos agrícolas en la provincia de Toledo. Actas del III Congreso Forestal Español. Mesa 3: 591-598. Granada.
- Martínez-Casasnovas, J.A., Ramos, M.C., Ribes-Dasi, M. 2002. Soil erosion caused by extreme rainfall events: Mapping and quantification in agricultural plots from very detailed digital elevation models. *Geoderma* 105 (1-2): 125-140.
- Martínez-Fernández, J.F., González-Barberá, G., Álvarez-Rogel, J., Bago, D., Castillo, V. 2001. Crecimiento en repoblaciones de *Pinus halepensis* Mill. en medios semiáridos: el efecto de los tratamientos de suelo y planta está influido por la variabilidad ambiental. Actas del III Congreso Forestal Español. Mesa 3: 255-262.
- Matney, T.G., Hodges, J.D. 1991. Evaluating regeneration success. En: Duryea, M.L., Dougherty, P.M. (eds.), *Forest regeneration manual*, pp 321-331. Kluwer Academic Pub, Dordrecht.
- Mayor, X., Belmonte, R., Rodrigo, A., Rodá, F., Piñol, J. 1994. Crecimiento diametral de la encina (*Quercus ilex* L.) en un año de abundante precipitación estival: efecto de la irrigación previa y de la fertilización. *Orsis* 9: 13-23.
- McDonald, P.M., Helgerson, O.T. 1994. Mulches aid in regenerating California and Oregon forests: past, present and future. General technical report PSW-123, Pacific Southwest Research Station, Forest Service, USDA, USA.
- Melero, J. P., García, P. 2001. Protocolos de germinación de semillas de sabina albar (*Juniperus thurifera* L.) y sabina rastrera (*Juniperus sabina* L.). III Congreso Forestal Español. Tomo III, 207-212. Granada.
- Méndez, R., Molinero, F. 1993. *Geografía de España*. Editorial Ariel. Barcelona. 759 pp.
- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. 2009a. Líneas Estratégicas de lucha contra el cambio climático. *Ambienta* 86: 2-28.
- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. 2009b. Plan 45 millones de árboles. *Ambienta* 87: 2-6.
- Mittchell, B.A., Correll, R.L. 1987. The soil water regime in a young radiate pine plantation in southwestern Australia. *New Forest* 4: 273-289.

- Molinillo, M., Lasanta, T., García-Ruíz, J.M. 1997. Managing mountainous degraded landscapes after farmland abandonment in the central Spanish Pyrenees. *Environmental Management* 21: 587-598.
- Molla, S., Villar-Salvador, P., García-Fayos, P., Rubira, J.L.P. 2006. Physiological and transplanting performance of *Quercus ilex* L. (holm oak) seedlings grown in nurseries with different winter conditions. *Forest Ecology and Management* 237: 218-226.
- Montiel, C. 2004. Forestación y paisaje agrario. En: De Simón, E., Ripoll, M. A., González-Rebollar, J.L. (eds.), *Forestación en Paisajes Agrarios*, pp 15-37. Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía. Granada.
- Montiel, C. 2006. The restoration of forest landscapes through farmland afforestation measures in Spain. En: Agnoletti, M. (ed.), *The conservation of cultural landscapes*, CAB International, Wallingford, UK.
- Montiel, C., Ferreras, C., Álvarez, P. 1999. *El plan de forestación de superficies agrarias de la comunidad autónoma de Madrid 1993-1997: valoración territorial y paisajística*. Actas del XVI Congreso de Geógrafos Españoles. Volumen I: 179-190. Universidad de Málaga-AGE. Málaga.
- Montiel, C., Galiana, L., Navarro, R. 2003. Participación de las sociedades rurales en la forestación de tierras agrarias. En: García, J.S. y Vázquez, C. (eds.), *Las relaciones entre las comunidades agrícolas y el monte*, pp. 93-124. Universidad de Castilla-La Mancha, Cuenca.
- Montoya, J.M. 1997. El Real Decreto 378/93 y la problemática de su aplicación por el profesional forestal. En: Orozco, E., Monreal, J.A. (eds.), *Forestación en tierras agrícolas*, pp 183-197. Cuenca.
- Mooney, H.A., Harrison, A.T., Morrow, P.A. 1975. Environmental limitations of photosynthesis on a California evergreen shrub. *Oecologia* 19: 293-301.
- Morán, M. A. 2000. Desarrollo de las "medidas agroambientales" en el marco de la Política Agraria Comunitaria (PAC II-III). *Anales de Geografía de la Universidad Complutense* 20: 349-363.
- Morte, A., Díaz, G., Rodríguez, P., Alarcón, J.J., Sánchez-Blanco, M.J. 2001. Growth and water relations in mycorrhizal and nonmycorrhizal *Pinus halepensis* plants in response to drought. *Biologia Plantarum* 44: 263-267.
- Mosquera, M.R., Rigueiro, A., Vila-Romay, M.T. 2001. Producción y contenido de nutrientes en raíz, tallo y hojas de planta de vivero de *Eucalyptus nitens* (Deane & Maiden) Maiden cultivada en envase con sustratos en los que se incluyen distintas proporciones de lodos de depuradora

- urbana. Actas del III Congreso Forestal Español. Mesa 3: 423-428. Granada.
- Motter, A., Ladet, S., Coqué, N., Gibon, A. 2006. Agricultural land-use change and its drivers in mountain landscapes: a case study in the Pyrenees. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 114: 296-310.
- Muñíz, M.A., Williams-Linera, G., Rey-Benayas, J.M. 2006. Distance effect from cloud forest fragments on plant community structure in abandoned pastures in Veracruz, México. *Journal of Tropical Ecology* 22: 431-40.
- Nagumo, F. 1999. Degraded bare ground distribution and related soil properties in a small river basin of the Mossi Plateau, Burkina Faso. *Japanese Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 70: 142-50.
- Navarro, F.B., Bocio, I., Ripio, M.A., De Simón, E. 2000. Ensayo preliminar de forestación con especies arbustivas en terrenos agrícolas semiáridos. *Monografías de Flora y Vegetación Béticas* 12: 155-161.
- Navarro, F.B., Jiménez, M.N., Ripoll, M.A., Fernández-Ondoño, E., Gallego, E., Simón, E. 2006b. Direct sowing of holm oak acorns: effects of acorn size and soil treatment. *Annals of Forest Science* 63: 961-967.
- Navarro, F.B., Ripoll, M.A., Jiménez, M.N., De Simón, E., Valle, F. 2006c. Vegetation response to conditions caused by different soil-preparation techniques applied to afforestation in semiarid abandoned farmland. *Land Degradation and Development* 17: 73-87.
- Navarro, R.M., Amores, R., Carrasco, P. 2001b. Seguimiento de trabajos de forestación de tierras agrarias en Andalucía: el caso de Huelva. Actas del III Congreso Forestal Español. Mesa 3: 811-816. Granada.
- Navarro, R.M., Del Campo, A. 2005. Evaluación de la calidad de lotes comerciales de encina (*Quercus ilex* L. subsp. *ballota* (Desf.) Samp.) y acebuche (*Olea europaea* L. var. *sylvestris* Brot.): tres años de ensayos. Actas del IV Congreso Forestal Español. Mesa 2: nº 54. Zaragoza.
- Navarro, R.M., Del Campo, A.D., Alejano, R., Álvarez, L. 1999. Caracterización de calidad final de planta de encina (*Q. ilex* L.), alcornoque (*Q. suber* L.), algarrobo (*C. siliqua* L.) y acebuche (*O. europaea* L. subsp. *sylvestris*) en cinco viveros en Andalucía. *Montes* 56: 57-67.
- Navarro, R.M., Del Campo, A.D., Ceacero, C.J. 2001a. Caracterización del cultivo y determinación de calidad de planta de *Quercus ilex* subsp. *ballota* y *Quercus suber* en varios viveros forestales. Actas del III Congreso Forestal Español. Mesa 3: 824-831. Granada.
- Navarro, R.M., Fragueiro, B., Ceacero, C., Del Campo, A., De Prado, R. 2005a. Establishment of *Quercus ilex* L. subsp. *ballota* Desf. Samp. using

- different weed control strategies in Southern Spain. *Ecological Engineering* 25: 332-342.
- Navarro, R., Frangueiro, B., De Prado, R., Díaz, J.L., Guzmán, R. 2004. Técnicas de conservación del suelo en forestaciones de terrenos agrícolas. En: Fernández, P., González, E.J., Martínez, A., Navarro, R. (eds.), *Mantenimiento y Conservación del Suelo en Forestaciones Agrarias*, pp. 41-73. Asociación Española Agricultura de Conservación/Suelos Vivos. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes de la Universidad de Córdoba. Córdoba
- Navarro, R.M., Gálvez, C. 2001. *Manual para la identificación y reproducción de semillas de especies vegetales autóctonas de Andalucía*. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. Sevilla.
- Navarro, R.M., Gálvez, C., Contreras, V., Del Campo, A.D. 1998. Protocolo para caracterización del cultivo de planta forestal en contenedor. Ministerio de Agricultura, Consejería de Agricultura, E.T.S.I. Agrónomos y de Montes. Córdoba. 77 pp.
- Navarro, R.M., Martínez, A. 1996. *Forestación en explotaciones agrarias*. Dirección General de Investigación y Formación Agraria. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. Sevilla.
- Navarro, R.M., Martínez, A. 1997. Las marras producidas por ausencia de cuidados culturales. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales* 4: 43-57.
- Navarro, R.M., Moreno, J., Parra, M.A., Guzmán, J.R. 2005b. Utilización de tubos invernaderos, mulch plásticos y polímeros en el establecimiento de encina y alcornoque en el semiárido almeriense. *ITEA* 101: 129-134.
- Navarro, R.M., Pemán, J. 1997. *Apuntes de producción de planta forestal*. Universidad de Córdoba. 267 pp.
- Navarro, R.M., Retamosa, M.J., López, J., Del Campo, A., Salmoral, L. 2006a. Nursery practices and field performance for the endangered Mediterranean species *Abies pinsapo* Boiss. *Ecological Engineering* 27: 93-99.
- Navas, A., Machín, J., Navas, B. 1999. Use of biosolids to restore the natural vegetation cover on degraded soils in the badlands of Zaragoza (NE Spain). *Bioresource Technology* 69: 199-205.
- Nichols, J.D. 1984. Relation of organic carbon to soil properties and climate in the southern Great Plains. *Soil Science Society of America Journal* 48: 1382-1384.
- Nicolás, J.L., Domínguez, S., Herrero, N., Villar-Salvador, P. 1997. Plantación y siembra de *Quercus ilex* L.: efectos de la preparación del terreno y

- de la utilización de protectores en la supervivencia de plantas. Actas II Congreso Forestal Español. Mesa 3: 449-454. Pamplona.
- Nicolás, J.L., Villar-Salvador, P., Peñuelas, J.L. 2005. Efecto de la edad de la planta y el tipo de preparación del suelo en la supervivencia y crecimiento de *Quercus faginea* Lam. cultivado en contenedor. Actas del IV Congreso Forestal Español. Mesa 2: nº 36. Zaragoza.
- Nortcliff, S. 1998. The use of composted municipal solid waste in land restoration. Proceedings of the XVI World Congress of Soil Science. Montpellier, France.
- Ocaña, L., Santos, M.I., Gómez, J.A., Renilla, I., Cuenca, B. 2001. Comparación de siete modelos de contenedores y raíz desnuda en repoblaciones de *P. pinaster* en Galicia. Actas del III Congreso Forestal Español. Mesa 3: 736-741.
- Oliet, J.A., Jacobs, D.F. 2007. Microclimatic conditions and plant morpho-physiological development within a tree shelter environment during establishment of *Quercus ilex* seedlings. *Agricultural and Forest Meteorology* 144: 58-72.
- Oliet, J. A., Navarro, R., Contreras, O. 2003. *Evaluación de la aplicación de tubos y mejoradores en repoblaciones forestales*. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía. Córdoba. 234 pp.
- Oliet, J., Planelles, R., López, M., Artero, F. 1997. Efecto de la fertilización en vivero sobre la supervivencia en plantación de *Pinus halepensis*. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales* 4: 69-79.
- Oliet, J.A., Planelles, R., López, M., Artero, F. 2000. Efecto de la fertilización en vivero y del uso de protectores en plantación sobre la supervivencia y el crecimiento durante seis años de una repoblación de *Pinus halepensis*. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales* 10: 69-77.
- Oliet, J., Planelles, R., López, M., Artero, F. 2002. Soil water content and water relations in planted and naturally regenerated *Pinus halepensis* Mill. seedlings during the first year in semiarid conditions. *New Forests* 23: 31-44.
- Oliet, J.A., Planelles, R., Artero, F., Jacobs, D.F. 2005. Nursery fertilization and tree shelters affect long-term field response of *Acacia salicina* Lindl. Planted in Mediterranean semiarid conditions. *Forest Ecology and Management* 215: 339-351.
- Oliet, J., Planelles, R., Segura, M.L., Artero, F., Jacobs, D.F. 2004. Mineral nutrition and growth of containerized *Pinus halepensis* seedlings under controlled-release fertilizer. *Scientia Horticulturae* 103: 113-129.

- Olsen, S. R. y Sommers, L. E. 1982. Phosphorus. En: Page, D. L. (ed.), *Methods of Soil Analysis. Chemical and Microbiological Properties*, pp. 403-430. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, USA.
- Oñoro, F., Villar-Salvador, P., Domínguez-Lerena, S., Nicolás, J.L., Peñuelas, J.L. 2001. Influencia de la siembra y plantación con dos tipos de tubos protectores en el desarrollo de una repoblación de *Quercus faginea* Lam. Actas del III Congreso Forestal Español. Mesa 3: 137-142. Granada.
- Orgeas, J., Ourcival, J.M., Bonini, G. 2002. Seasonal and spatial patterns of foliar nutrients in cork oak (*Quercus suber* L.) growing on siliceous soils in Provence (France). *Plant Ecology* 164: 201-211.
- Oria de Rueda, J.A. 1990. Recursos naturales y gestión forestal de sabinas y enebros. *Quercus* 56: 6-10.
- Oxbrough, A.G., Gittings, T., O'Halloran, J., Giller, P.S., Kelly, T.C. 2007. Biodiversity of the ground-dwelling spider fauna of afforestation habitats. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 120: 433-441.
- Palacios, G., Navarro, R., Del Campo, A., Toral, M. 2009. Site preparation, stock quality and planting date effect on early establishment of Holm oak (*Quercus ilex* L.) seedlings. *Ecological Engineering* 35: 38-46.
- Papatheodorou, E.M., Stamou, G.P. 2004. Nutrient attributes of tissues in relation to grazing in an evergreen sclerophyllous shrub (*Quercus coccifera* L.) dominating vegetation in Mediterranean-type ecosystems. *Journal of Arid Environmental* 59: 217-227.
- Pardini G., Aringhieri R., Plana F., Gallart F. 1991. Soil properties relevant to land degradation abandoned sloping fields in Aisa valley, Central Pyrenees (Spain). *Pirineos* 137: 79-93.
- Pardos, M., Cañellas, I., Bachiller, A. 1997. Influencia del tamaño de la bellota y del régimen de riego en la calidad de planta de alcornoque cultivada en vivero. Actas del II Congreso Forestal Español. Tomo III: 491-496. Pamplona.
- Pardos, M., Royo, A., Gil, L., Pardos, J.A. 2003. Effect of nursery location and outplanting date on field performance of *Pinus halepensis* and *Quercus ilex* seedlings. *Forestry* 76: 67-81.
- Pardos, M., Royo, A., Pardos, J.A. 2005. Growth, nutrient, water relations, and gas exchange in a holm oak plantation in response to irrigation and fertilization. *New Forests* 30: 75-74.

- Pastor, J., Oliver, S., García, A. 1992. Ecological relationships between pasture species and soil factors in degraded areas of the Southern Submeseta. *Pastos* 22: 21-35.
- Pausas, J.G., Blade, C., Valdecantos, A., Seva, J.P., Fuentes, D., Alloza, J.A., Vilagrosa, A., Bautista, S., Cortina, J., Vallejo, R. 2004. Pines and oaks in the restoration of Mediterranean landscapes of Spain: New perspectives for an old practice - a review. *Plant Ecology* 171: 209-220.
- Paz, A., Vidal, E. 2005. Compaction and erosion: effects on soil ecology and soil quality. En: Mosquera-Losada, M.R., McAdam, J., Rigueiro-Rodríguez, A. (eds.), *Silvopastoralism and sustainable land management*, pp 223-230. CABI publishing, UK.
- Pemán, F., Voltas, J., Gil-Pelegrín, E. 2006. Morphological and functional variability in the root system of *Quercus ilex* L. subject to confinement: consequences for afforestation. *Annals of Forest Science* 63: 425-430.
- Pemán, J.R., Navarro, R. 1998. *Repoblaciones forestales*. Eines, 24. Universidad de Lleida, 399 pp.
- Pereira, I., Fernández, A., Manrique, E. 1998. Ámbito fitoclimático de existencia de *Juniperus thurifera* L. y separación entre sus sintáxones. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales* 7: 61-67.
- Peñas, J., Cabello, J., Oyonarte, C., Mota, J.F., 1995. Variación altitudinal y diversidad vegetal en matorrales: sierra de los Filabres (Almería, España). *Acta Botanica Malacitana* 20: 133-142.
- Peñuelas, J.L., Ocaña, L. 1996. *Cultivo de plantas forestales en contenedor*. Ed. Mundi Prensa. Madrid. 190 pp.
- Pithon, J.A., Moles, R., O'Halloran, J. 2005. The influence of coniferous afforestation on lowland farmland bird communities in Ireland: different seasons and landscape contexts. *Landscape and Urban Planning* 71: 91-103.
- Plieninger, T., Wilbrand, C. 2001. Land use, biodiversity conservation, and rural development in the dehesas of Cuatro Lugares, Spain. *Agroforestry Systems*, 51: 23-34.
- Poblador-Soler, A. 2000. La multiplicación de la "sabina albar" (*Juniperus thurifera* L.) en pépinière et sa plantation en montagne. *ONF-Les dossiers forestiers* 6: 140-143.
- Pons, A., Quezel, P. 1985. The history of the flora and vegetation and past and present human disturbance in the Mediterranean region. En: Gómez Campo, C. (ed.), *Plant Conservation in the Mediterranean area*, pp 25-43. Ed. W. Junk Publishers. Bordrecht.

- Porrás, C.J., Brun, P., Copete, J., Pérez, R. 2004. Studies on holm oak regeneration in Sevilla mountains. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales* 17: 223-226.
- Porta, J., López-Acevedo, M., Roquero, C. 2003. *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 929 pp.
- Poschlod, P., Bakker, J.P., Kahmen, S. 2005. Changing land use and its impact on biodiversity. *Basic and Applied Ecology* 6: 93-98.
- Pousa, F. 2000. El programa de forestación de tierras agrarias: situación actual y perspectivas de futuro. Seminario de Forestación de Tierras Agrarias. Programa de Formación Agroambiental. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. La Puebla de D. Fadrique., Granada.
- Prause, J., Gallardo Lancho, J.F. 2000. Influencia de cuatro especies nativas sobre las propiedades físicas del suelo forestal del Parque Chaqueño Húmedo (Argentina). *Comunicaciones Científicas y Tecnológicas* 2000. Universidad Nacional del Nordeste. Argentina.
- Pritchett, W.L. 1986. *Suelos forestales: propiedades, conservación y mejoramiento*. Ed. Limusa, S.A. México. 634 pp.
- Puértolas, J., Gil, L., Pardos, J.A. 2003. Effects of nutritional status and seedling size on field performance of *Pinus halepensis* planted on former arable land in the Mediterranean basin. *Forestry* 76: 159-168.
- Puértolas, J., Gil, L., Pardos, J.A. 2005. Effects of nitrogen fertilization and temperature on frost hardiness of Aleppo pine (*Pinus halepensis* Mill.) seedlings assessed by chlorophyll fluorescence. *Forestry* 78: 501-511.
- Puig, F. 1993. La reforestación de tierras agrícolas en el marco de la política forestal europea. *Montes* 33: 14-20.
- Querejeta, J.I., Barberá, G.G., Granados, A., Castillo, V.M. 2008. Afforestation method affects the isotopic composition of planted *Pinus halepensis* in a semiarid region of Spain. *Forest Ecology and Management* 254: 56-64.
- Querejeta, J.I., Roldán, A., Albaladejo, J., Castillo, V. 1998. The role of mycorrhizae, site preparation and organic amendment in the afforestation of a semi-arid Mediterranean site with *Pinus halepensis*. *Forest Science* 44: 203-211.
- Querejeta, J.I., Roldán, Albaladejo, J., Castillo, V. 2000. Soil physical properties and moisture content affected by site preparation in the afforestation of a semiarid rangeland. *Soil Science Society of America Journal* 64: 2087-2096.

- Querejeta, J.I., Roldán, A., Albaladejo, J., Castillo, V. 2001. Soil water availability improved by site preparation in a *Pinus halepensis* afforestation under semiarid climate. *Forest Ecology and Management* 149: 115-128.
- Ramos, M.C., Porta, J. 1994. Rainfall intensity and erosive potentiality in NE Spain Mediterranean area. First results on sustainability of vineyards. *II Nuovo Cimento* 17: 291-299.
- Rapp, M., Santa Regina, I., Rico, M., Gallego, H.A. 1999. Biomass, nutrient content, litterfall and nutrient return to the soil in Mediterranean oak forests. *Forest Ecology and Management* 119: 39-49.
- Rasmussen, P.E., Parton, W.J. 1994. Long-term effects of residue management in wheat-fallow. I. Inputs, yield, and soil organic matter. *Soil Science Society of America Journal* 58: 523-530.
- Retana, J., Espelta, J.M., Gracia, M., Riba, M. 1999. Seedling recruitment. En: Rodá, F., Retana, J., Gracia, C. A. y Bellot, J. (eds.), *Ecology of Mediterranean evergreen oak forest*, pp 89-103. Springer-Verlag, Berlín.
- Rey-Benayas, J.M. 1998. Growth and mortality in *Quercus ilex* L. seedlings after irrigation and artificial shading in Mediterranean set-aside agricultural lands. *Annals Science Forest* 55: 801-807.
- Rey-Benayas, J.M., Camacho-Cruz, A. 2004. Performance of *Quercus ilex* saplings planted in abandoned Mediterranean cropland after long-term interruption of their management. *Forest Ecology and Management* 194: 223-233.
- Rey-Benayas, J.M., Martins, A., Nicolau, J.M., Schulz J.J. 2007. Abandonment of agricultural land: an overview of drivers and consequences. *Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources* 2 N° 057.
- Rey-Benayas, J.M., Navarro, J., Espigares, T., Zavala, M.A., Nicolau, J.M. 2005. Effects of artificial shading and weed mowing in reforestation of Mediterranean abandoned cropland with contrasting *Quercus* species. *Forest Ecology and Management* 212: 302-314.
- Reyes, O., Casal, M. 2006. Seed germination of *Quercus robur*, *Q-pyrenaica* and *Q-ilex* and the effects of smoke, heat, ash and charcoal. *Annals of Forest Science* 63: 205-212.
- Reyna, S., Boronat, J., Palomar, E. 2000. Control de calidad en la planta micorrizada con *Tuber melanosporum* Vitt producida por viveros comerciales. *Montes* 61: 17-24.

- Richarchs, J. E. 1993. Characterization of plan tissue. En: Carter, M. R. (ed.), *Soil sampling and methos of analysis*, pp. 115-139. Canadian Society of soil science. Ed. Boca Raton, Florida.
- Rigueiro-Rodríguez, A., Mosquera-Losada, M.R., Vila-Romay, T. 2001. Efecto de la proporción de distintos componentes del sustrato en el crecimiento de *Pinus pinaster* Aiton en envase en vivero. Actas del III Congreso Forestal Español. Mesa 3: 410-415. Granada.
- Rigueiro-Rodríguez, A., Mosquera-Losada, R., Gatica-Trabanini, E., Castelaogegunde, A. 1997. Repoblación de *Pinus radiata* D. Don sobre pastizal implantado: crecimiento en altura y diámetro en los primeros años. En: Libro de Actas del I Congreso Forestal Hispano Luso. Tomo III: 539-544. Pamplona.
- Ripoll, M.A. 2004. Aprovechamiento de escorrentías superficiales mediante la construcción de microcuencas: aplicación a la forestación en ambientes mediterráneos. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
- Rivas, M., Reyes, O., Casal, M. 2006. Influence of heat and smoke treatments on the germination of six leguminous shrubby species. *International Journal of Wildland Fire* 15: 73-80.
- Rivas-Martínez, S., Díaz, T.E., Fernández-González, F., Izco, J., Loidi, J., Lousã, M., Penas, A. 2002. Itinera *Geobotanica* 15 (1): 5-432.
- Robinson, M., Cognard-Plancq, A.L., Cosandey, C., David, J., Durand, P., Führer, H.W., Hall, R., Hendriques, M.O., Marc, V., McCarthy, R., McDonnell, M., Martin, C., Nisbet, T., O`Dea, P., Rodgers, M., Zollner, A. 2003. Studies of the impact of forests on peak flows and baseflows: a European perspective. *Forest Ecology and Management* 186: 85-97.
- Rodó, X., Comín, F. 2001. Fluctuaciones del clima mediterráneo: conexiones globales y consecuencias regionales. En: Zamora, R., Puignaire, F. (eds.), *Ecosistemas Mediterráneos: Análisis funcional*, pp 1-35. Simposio de la Sociedad Española de Ecología Terrestre, Granada.
- Roldán, A., Albaladejo, J. 1993. Vesicular-Arbuscular micorrhiza (VAM) fangal populations in a Xeric Torriorthent receiving urban refuse. *Soil Biology & Biochemistry* 25: 451-456.
- Roldán, A., Querejeta, I., Albaladejo, J., Castillo, V. 1996. Survival and growth of *Pinus halepensis* Millar seedling in a semiarid environment alter forest soil transfer, terracing and organic amendmets. *Annals Science Forest* 53: 1099-1112.

- Ros, M., García, C., Hernández, T. 2001. The use of urban organic wastes in the control of erosion in a semiarid Mediterranean soil. *Soil Use and Management* 17: 292-293.
- Ros, M., Hernández, M.T., García, C. 2003. Oil microbial activity alter restoration of a semiarid soil by organic amendments. *Soil Biology & Biochemistry* 35: 463-469.
- Rose, R.D., Haase, L. 1995. The target seedling concept: implementing a program. En: Landis, T.D., Cregg, B. (eds.), *Forest and Conservation Nursery Associations*, pp. 124-130. USDA. Portland.
- Rose, R., Carlson, W., Morgan, P. 1990. The target seedling concept. En: Target seedling Symposium: Rose, R., Campbell, S.J., Landis, T.D. (eds.), *Combined Meeting of the Western Forest Nursery Associations*, pp. 1-8. Gen. Tech. Rep., Roseburg, Oregon. USDA.
- Royo, A., Fernández, M., Gil, L., González, E., Puelles, A., Ruano, R., Pardos, J.A. 1997. La calidad de la planta de vivero de *Pinus halepensis* Mill. destinada a repoblación forestal. Tres años de resultados en la comunidad valenciana. *Montes* 50: 29-39.
- Ruano, R. 2003. *Viveros Forestales. Manual de cultivo y proyectos*. Ed. Mundi Prensa. Madrid. 281 pp.
- Ruíz, M., Groome, H. 1986. Spanish agriculture in the EEC: A process of marginalization and ecological disaster? En: FFSPN Rencontres Internationales de Toulouse, pp 465-461. Agriculture-Environment.
- Ruíz-Flaño, P. 1993. *Procesos de erosión en campos abandonados del Pirineo*. Monografías Científicas 4. Geofoma Ediciones. Logroño. 191 pp.
- Sáiz, A. 1997. Plan de forestación de Castilla-La Mancha. Seguimiento y situación actual. En: Orozco, E., Monreal, J.A. (eds.), *Forestación en tierras agrícolas*, pp 13-20. Universidad de Castilla-La Mancha. Cuenca.
- Sánchez, M.D. 1995. La reconstrucción natural de la vegetación leñosa en zonas agrícolas abandonadas. Instituto de estudios albacetenses de la Excm. Diputación de Albacete. Serie I, nº 81. Albacete.
- Sánchez-Andrés, R., Sánchez-Carrillo, S., Benítez, M., Sánchez-López, A. 2006. Tillage induced differential morphometric responses and growth patterns in afforestation with *Quercus ilex*. *Soil and Tillage Research* 90: 50-62.
- Sancho, J., Bosque, J., Moreno Sanz, F. 1993. Crisis and performance of the traditional lands agromediterranean in the central region of Spain. *Landscape and Urban Planning* 23: 155-166.

- Santos, T., Tellería, J.L., Díaz, M., Carbonell, R. 2006. Evaluating the benefits of CAP reforms: Can afforestations restore bird diversity in Mediterranean Spain? *Basic and Applied Ecology* 7: 483-495.
- Sanz Herráiz, C., López, N., Molina, P. 2002. Influencia de las repoblaciones forestales en la evolución de las comunidades vegetales y orníticas de la sierra de los Filabres (Almería). *Ería* 58: 157-176.
- Saquete, A., Lledó, M.J., Escarré, A., Ripoll, M.A., De Simón, E. 2005. Effects of site preparation with micro-basins on *Pinus halepensis* Mill. afforestations in a semiarid ombroclimate. *Annals of Forest Science* 62: 1-8.
- Sarah, P. 2005. Soil aggregation response to long- and short-term differences in rainfall amount under arid and Mediterranean climate conditions. *Geomorphology* 70: 1-11.
- Sardans, J., Peñuelas, J. 2004. Phosphorus limitation and competitive capacities of *Pinus halepensis* and *Quercus ilex rotundifolia* on different soils. *Plant Ecology* 174: 307-319.
- Sardans, J., Peñuelas, J. 2005. Drought decreases soil enzyme activity in a Mediterranean *Quercus ilex* L. forest. *Soil Biology and Biochemistry* 37: 455-461.
- Sauerbeck D. 1987. Effects of agricultural practices on the physical, chemical and biological properties of soil: Part II. Use of sewage sludge and agricultural wastes. En: Barth y L' Hermite (eds.), Scientific Basis for Soil Protection in the European Community, pp. 181-210. Elsevier. London.
- Serrada, R. 1990. Consideraciones sobre el impacto de la repoblación forestal en el suelo. *Ecología* 1: 453-462.
- Serrada, R. 2000. *Apuntes de repoblaciones forestales*. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Forestal. Fundación Conde del Valle de Salazar. Madrid, 435 pp.
- Serrada, R., Mintegui, J.C., Robledo, J.C., García, J.L., Gómez, V., Zazo, J., Navarro, R. 1997. Formación de escorrentías con lluvias torrenciales simuladas, en parcelas con diferentes cubiertas vegetales y distintas preparaciones del suelo para la repoblaciones forestales. Actas del I Congreso Forestal Hispano-luso, II Congreso Forestal Español. Mesa 2: 605-610. Pamplona.
- Setälä, H., Haimi, J., Siira-Pietikainen, A. 2000. Sensitivity of soil processes in northern forest soils: are management practices a threat? *Forest Ecology and Management* 133: 5-11.

- Seva, J.P., Valdecantos, A., Cortina, J., Vallejo, V.H. 2004. Diferentes técnicas de introducción de *Quercus ilex* ssp. *ballota* (Desf.) Samp. en zonas degradadas de la comunidad valenciana. *Cuaderno de la Sociedad Española de Ciencias Forestales* 17: 233-238.
- Seva, J.P., Vilagrosa, A., Valdecantos, A., Cortina, J., Vallejo, V.R., Bellot, J. 1996. Mycorrhization et application du compost urbain pour l'amélioration de la survie et de la croissance des semis de *Quercus ilex* ssp. *ballota* en milieu sec. *Cahiers Options Méditerranéennes* 20: 105-121.
- Shainsky, L.J., Newton, M., Radosevich, S.R. 1992. Effects of intraspecific and inter-specific competition on root and shoot biomass of young Douglas fir and red alder. *Canadian Journal of Forest Research*. 22: 101-110.
- Silla, F., Escudero, A. 2003. Uptake, demand and internal cycling of nitrogen in saplings of Mediterranean *Quercus* species. *Oecologia* 136: 28-36.
- Sobrino, E., Soriano, J.M., Viviani, A.B., González, A., Mingot, D. 2001. Métodos rápidos para evaluar la capacidad germinativa de las semillas de *Quercus suber* L. Actas del III Congreso Forestal Español. Mesa 3: 166-171. Granada.
- Sociedad Española de Ciencias Forestales (SECF). 2005. *Diccionario Forestal*. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. 1314 pp.
- Soil Conservation Service. 1972. *Soil Survey laboratory Methods and procedures for collecting soils samples*. Soil Survey Report 1. U.S.D.A. Washington.
- Soriano, J., Ortells, V. 2001. Las roturaciones de tierras forestales en el siglo XVIII frente al abandono agrícola actual: El monte Pereroles de Morella (Castelló). *Estudios Agrosociales y Pesqueros* 191: 61-79.
- Tejedor, F.J. 1999. *Cuadernos de Estadística: Análisis de Varianza*. Ed. Hespérides y La Muralla, S.A. Madrid. 133 pp.
- ter Braak, C.J.F., Šmilauer, P. 2002. *CANOCO Reference Manual and CanoDraw for Windows, User's guide: Software for Canonical Community Ordination (Version 4.5)*. Microcomputer Power: Ithaca, NY. 500 pp.
- Terradas, J. 1999. Holm oak and holm oak forest: and introduction. En: Rodá, F., Retana, J., Gracia, C., Bellot, J. (eds.), *Ecology of Mediterranean evergreen oak forest*, pp. 3-14. Springer-Verlag, Berlín.
- Terradas, J. 2001. *Ecología de la vegetación*. Editorial Omega. Barcelona. 703 pp.

- Thompson, L.E. 1985. Seedling morphological evaluation. What you can tell by looking? En: Duryea, M.L. (ed.), *Evaluating seedling quality: principles, procedures and predictive abilities of major tests*, pp. 59-71. FRLL, OSU, Corvallis.
- Tisdell, C. 2003. Socioeconomic causes of loss of animal genetic diversity: analysis and assessment. *Ecological Economics* 45: 365-76.
- Truax, J.R., Gagnon, D. 1993. Effect of straw and black plastic mulching in the initial growth and nutrition of buttermut, white ash and bur oak. *Forest Ecology and Management* 57: 17-27.
- Trubat, R., Cortina, J., Vilagrosa, A. 2008. Short-term nitrogen deprivation increases field performance in nursery seedlings of Mediterranean woody species. *Journal of Arid Environments* 72: 879-890.
- Tuley, G. 1985. The growth of young oak trees in shelters. *Forestry* 58: 181-195.
- Tutin, T.G. et al. (eds.), 1964-1980. *Flora Europaea*, vols. 1-5. Ed. University Press. Cambridge.
- Tyurin I.V. 1951. Analytical procedure for a comparative study of soil humus. Trudy Pochr. Institute Dokuchaeva 38.
- Valdecantos A. 2003. Aplicación de fertilizantes orgánicos e inorgánicos en la repoblación de zonas forestales degradadas de la Comunidad Valenciana, [on line] Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes, Alicante, Ph.D. thesis.
<http://www.cervantesvirtual.com/FichaObra.html?Ref=10767>.
- Valdecantos, A., Cortina, J., Vallejo, V.R. 2000. Respuesta de plantones de pino carrasco y encina carrasca a la fertilización. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales 10: 63-68.
- Valdecantos, A., Cortina, J., Fuentes, D., Casanova, G., Díaz-Beltrana, J.M., Llavador, F., Vallejo, R. 2002. Use of biosolids for reforestation in the Region of Valencia (E Spain). First results of a pilot project. *Bioprocessing of Solid Waste and Sludge* 1 (4), 1-6.
- Valdecantos, A., Cortina, J., Vallejo, R. 2006. Nutrient status and field performance of tree seedlings planted in Mediterranean degraded areas. *Annals Forest Science* 63: 249-256.
- Valdecantos, A., Fuentes, D., Cortina, J. 2004. Utilización de biosólidos en la restauración forestal, En: Vallejo, V.R., Alloza, J.A. (eds.), *Avances en el estudio de La Gestión del Monte Mediterráneo*, pp 313-344. Fundación Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo. Valencia.
- Valdés, B; Talavera, S y Galiano, EF. 1987. *Flora vascular de Andalucía Occidental*. Vols. 1-3. Ed. Ketres. Barcelona.

- Valladares, F., Martínez-Ferri, E., Balaguer, L., Pérez-Corona, E., Manrique, E. 2000. Low leaf-level response to light and nutrients in Mediterranean evergreen oaks: a conservative resource-use strategy?. *New Phytologist* 148: 79-91.
- Valladares, F., Pugnaire, F.I. 1999. Tradeoffs between irradiance capture and avoidance in semi-arid environments assessed with a crown architecture model. *Annals of Botany* 83: 459-469.
- Valle, F., Algarra, J.A., Arrojo, E., Asensi, A., Cabello, J., Cano, E., Cañadas, E., Cueto, M., Dana, E., De Simón, E., Díez, B., García, A., Giménez, E., Gómez, F., Jiménez, M.N., Linares, J.E., Lorite, J., Melendo, M., Montoya, M.C., Mota, J.F., Navarro, F.B., Peñas, J., Salazar, C., Torres, J.A. 2002. Mapa de series de Vegetación de Andalucía. 131 pp.
- Vallejo, R., Alloza, J.A. 1998. The restoration of burned lands: the case of eastern Spain. En: Moreno, J. M. (ed.), *Large forest fires*, pp 91-108. Backbuys Pub. The Netherlands.
- Vallejo, R., Bautista, S., Cortina, J. 2000. Restoration for soil protection after disturbances, En: Trabaud, L. (ed.), *Life and environment in the Mediterranean*, pp 301-343. Wit press, France.
- Vallejo, V.R., Cortina, J., Vilagrosa, A., Seva, J.P., Alloza, J.A. 2003. Problemas y perspectivas de leñosas autóctonas en la restauración forestal. En: Rey-Benayas, J.M., Espigares, T., Nicolau, J.M. (eds.), *Restauración de Ecosistemas Mediterráneos*, pp. 11-42. Universidad de Alcalá, Madrid.
- van der Horst, D., Gimona, A. 2005. Where new farm woodlands support biodiversity action plans: a spatial multi-criteria analysis. *Biological Conservation* 123: 421-432.
- Varela-Ortega, C., Sumpsi, J.M. 2002. Repercusiones ambientales de la política agraria europea, En: Pineda, FD, de Miguel, JM, Casado, MA y Montalvo, J (eds.), *La diversidad biológica de España*, pp 125-149. Pearson Educación, S.A. Madrid.
- Vera, F., Romero, J. 1994. Impacto ambiental de la actividad agraria. *Agricultura y Sociedad* 71: 153-183.
- Vilagrosa, A., Caturla, R., Hernández, N., Cortina, J., Bellot, J., Vallejo, V.R. 2001. Reforestación en ambiente semiárido del SE peninsular. Resultados de las investigaciones desarrolladas para optimizar la supervivencia y el crecimiento de especies autóctonas. III Congreso Forestal Español. 213-219 pp. Granada.

- Vilagrosa, A., Cortina, J., Gil-Pelegrín, E., Bellot, J. 2003. Suitability of drought-preconditioning techniques in Mediterranean climate. *Restoration Ecology* 11: 208-216.
- Vilagrosa, A., Cortina, J., Rubio, E., Trubat, R., Chirino, E., Gil-Peregrín, E., Vallejo, V.R. 2005. El papel de la ecofisiología en la restauración forestal de ecosistemas mediterráneos. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales* 14(3): 446-461.
- Vilagrosa, A., Seva, J.P., Valdecantos, A., Cortina, J., Alloza, J.A., Serrasolsas, I., Diego, V., Abril, M., Bellot, J., Vallejo, V.R. 1997b. Plantaciones para la restauración forestal en la Comunidad Valenciana. En: Vallejo, V.R. (ed.), *La Restauración de la Cubierta Vegetal en la Comunidad Valenciana*, pp. 435-548. Fundación CEAM.
- Villar, R., Ruíz-Robledo, J., Quero, J., Poorter, H., Valladares, F., Marañón, T. 2004. Tasas de crecimiento en especies leñosas: aspectos funcionales e implicaciones ecológicas. En: Valladares, F. (eds.), *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante*, pp. 191-227. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- Villar-Salvador, P., Garrachón, S., Domínguez-Lerena, S., Peñuelas, J.L., Serrada, R., Ocaña, L. 2001a. Desarrollo en campo, arquitectura radical y estado hídrico seis años después de la plantación de brinzales de *Pinus pinea* cultivados en diferentes tipos de contenedor. Actas del III Congreso Forestal Español. Mesa 3: 791-796.
- Villar-Salvador P., Ocaña, L., Peñuelas, J., Carrasco, I. 1999. Effect of water stress conditioning on the water relations, root growth capacity, and the nitrogen and non-structural carbohydrate concentration of *Pinus halepensis* Mill. (Aleppo pine) seedlings. *Annals of Forest Science* 56: 459-465.
- Villar-Salvador, P., Planelles, R., Enríquez, E., Peñuelas, J., Zazo, J. 2001b. Influencia de la fertilización y el sombreado en el vivero sobre la calidad de la planta de *Quercus ilex* L. y su desarrollo en campo. Actas del III Congreso Forestal Español. Mesa 3: 770-776. Granada.
- Villar-Salvador, P., Planelles, R., Enriquez, E., Rubira, J.P. 2004b. Nursery cultivation regimes, plant functional attributes, and field performance relationships in the Mediterranean oak *Quercus ilex* L. *Forest Ecology and Management* 196: 257-266.
- Villar-Salvador, P., Planelles, R., Oliet, J., Peñuelas-Rubira, J.L., Jacobs, D.F., González, M. 2004a. Drought tolerant and transplanting performance of holm oak (*Quercus ilex*) seedlings after drought hardening in the nursery. *Tree physiology* 24: 1147-1155.

- Villar-Salvador, P., Puértolas, J., Peñuelas, J.L., Planelles, R. 2005. Effect of nitrogen fertilization in the nursery on the drought and frost resistance of Mediterranean forest species. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales* 14 (3): 408-418.
- Villar-Salvador, P., Valladares, F., Domínguez-Lerena, S., Ruíz-Díez, B., Fernández-Pascual, M., Delgado, A., Peñuelas, J.L. 2008. Functional traits related to seedling performance in the Mediterranean leguminous shrub *Retama sphaerocarpa*: Insights from a provenance, fertilization, and rhizobial inoculation study. *Environmental and Experimental Botany* 64: 145-154.
- Walkley A. y Black I.A. 1934. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic titration method. *Soil Science* 34: 29-38.
- Whitfield, J. 2006. How green was my subsidy? *Nature* 439, 908-909.
- Wien, H.C., Minotti, P.L., Grubinger, V.P. 1993. Polyethylene mulch stimulates early root growth and nutrient uptake of transplanted tomatoes. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 118: 207-211.
- Williams, A., Ternan, J.L., Elmes, A., González del Tánago, M., Blanco, R. 1995. A field study of the influence of land management and soil properties on runoff and soil loss in Central Spain. *Environmental Monitoring and Assessment* 37: 333-345.
- Williams D.E. 1948. A rapid manometric method for the determination of carbonate in soils. *Soil Science Society of America Proceedings* 13: 27-129.
- Wong, M.H. 1985. Phytotoxicity of refuse compost during the process of maturation. *Environmental Pollution* 37: 159-174.
- Wulf, M. 2004. Plant species richness of afforestations with different former use and habitat continuity. *Forest Ecology and Management* 195: 191-204.
- Zagas, T., Ganatsas, P., Tsitsoni, T., Hatzistathis, A. 2000. Influence of sewage sludge application on survival and early growth of forest species. *Proceedings of Thrace 2000. Protection and Restoration of the Environment*, vol. I: 583-590. Thassos, Greece.
- Zas, R., Serrada, R. 2003. Foliar nutrient status and nutritional relationships of young *Pinus radiata* D. Don plantations in northwest Spain. *Forest Ecology and Management* 174: 167-176.
- Zazo, J., Calderón, C., Cornejo, L., Martínez, G., Planelles, R., Campillo, M., Vivar, A., López, M. 2005a. Estudio sobre la influencia de distintos

niveles de fertilización y acondicionamiento por estrés hídrico sobre
brinzales de *Q. suber* L. cultivados en vivero. Actas del IV Congreso
Forestal Español. Mesa 2: nº 53. Zaragoza.

APÉNDICE

ANEXO II. MOMENTOS DEL DEVENGO DE LA COMPENSACIÓN ECONÓMICA

2.1. Los Letrados y Letradas devengarán la retribución correspondiente a su actuación en el turno de oficio, cuando así lo acrediten ante su respectivo Colegio Profesional, con arreglo a los siguientes términos:

- Un 70 por ciento:

- En procesos civiles, incluidos los de familia, con la admisión de la demanda, con la admisión de la reconvencción, teniendo por contestada la demanda o despachado auto de ejecución.
- En apelaciones civiles, con la resolución por la que se admite a trámite el recurso o, en su caso, la personación en la alzada.
- En procedimientos penales, con la sentencia.
- En apelaciones penales, con la diligencia judicial acreditativa de la intervención del Letrado o Letrada en el acto de la vista.
- En los recursos de casación formalizados ante el Tribunal Superior de Justicia de Andalucía, con la providencia por la que se tenga por formalizado el recurso.
- En el resto de procedimientos judiciales, la diligencia judicial acreditativa de la intervención del Letrado o Letrada.

- Un 30 por ciento:

- En los procedimientos penales, con la acreditación de la actuación procesal en que intervenga el Letrado o Letrada.
- En apelaciones penales, con la sentencia o resolución que ponga fin a la instancia.
- En el resto de los procedimientos, con la sentencia o resolución que ponga fin a la instancia o procedimiento.

- Los Letrados y Letradas devengarán la totalidad de la retribución:

- En ejecuciones de sentencia transcurridos dos años desde la resolución de la instancia, una vez dictada la resolución judicial que ponga fin a la ejecución solicitada.
- En los recursos de casación no formalizados, con la acreditación de la presentación en el Colegio del informe fundamentando la inviabilidad del recurso.
- En las transacciones extrajudiciales se devengará la totalidad de la compensación económica correspondiente con el documento suscrito por el interesado.
- En la insostenibilidad de la pretensión, se devengará la totalidad de la compensación económica correspondiente con la presentación del informe de insostenibilidad.

2.2. Los Procuradores de los Tribunales devengarán el 100 por cien de la compensación económica cuando presenten ante su respectivo Colegio Profesional la acreditación emitida por el órgano judicial correspondiente de la intervención del Procurador o Procuradora como representante procesal en los trámites detallados en los apartados del punto 1.2, Anexo 1.

Sevilla, 9 de marzo de 2009

EVANGELINA NARANJO MÁRQUEZ
Consejera de Justicia y Administración Pública

CONSEJERÍA DE AGRICULTURA Y PESCA

ORDEN de 26 de marzo de 2009, por la que se regula el régimen de ayudas para el fomento de la primera forestación de tierras agrícolas en el marco del Programa de Desarrollo Rural de Andalucía 2007-2013, y se efectúa su convocatoria para el año 2009.

P R E Á M B U L O

Con la publicación del Reglamento (CEE) núm. 2080/92, del Consejo de 30 de junio, por el que se establece un régimen comunitario de ayudas a las medidas forestales en la

agricultura, quedó establecido el régimen comunitario de ayudas a las medidas forestales en la agricultura y, mediante la Decisión de la Comisión Europea de 27 de abril de 1994, se aprobó el Programa Español de Forestación en tierras agrarias.

El programa que lleva aplicándose en Andalucía desde el año 1993, ha permitido la forestación durante el período 1993-1998 de 148.000 ha, al amparo del Reglamento (CEE) núm. 2080/1992 del Consejo, de 30 de junio, asimismo ha permitido la aprobación en el anterior marco financiero (2000-2006) de 4.300 ha en virtud del Reglamento (CE) núm. 1257/1999 del Consejo, de 17 de mayo, sobre ayudas al desarrollo rural a cargo del Fondo Europeo de Orientación y Garantía Agraria (FEOGA). La mayor parte de las especies empleadas en estas forestaciones son las mejores adaptadas a nuestros ecosistemas como la encina, el alcornoque el acebuche, algarrobo y el pino carrasco.

Por otra parte, el Reglamento (CE) núm. 1698/2005 del Consejo, de 20 de septiembre de 2005, relativo a la ayuda al desarrollo rural a través del Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (FEADER), modificado por el Reglamento (CE) núm. 74/2009 del Consejo, de 19 de enero, por el que se modifica el Reglamento (CE) núm. 1698/2005 del Consejo, de 20 de septiembre, establece las normas generales de la ayuda comunitaria al desarrollo rural, la participación de ese fondo en la financiación de una serie de medidas, y sienta las bases del marco actual. Dicha participación se instrumenta a través de los programas de desarrollo rural que los estados miembros presentan a ese efecto, según se establece en los artículos 15 a 19 del Reglamento 1698/2005 del Consejo, de 20 de noviembre.

Es por ello que, las ayudas a la primera forestación de tierras agrícolas contempladas entre las medidas definidas en el citado Reglamento han sido incluidas en el Programa de Desarrollo Rural de Andalucía para el período 2007-2013, aprobado el 20 de febrero de 2008 en el Comité de Desarrollo Rural celebrado en Bruselas, dentro del Eje 2 relativo a medidas de mejora del medio ambiente y del entorno rural, como la medida 221. Dichas subvenciones serán objeto de cofinanciación de la Unión Europea con participación FEADER.

El Reglamento (CE) núm. 1974/2006 de la Comisión, de 15 de diciembre de 2006, establece disposiciones de aplicación del Reglamento (CE) núm. 1698/2005 del Consejo, en lo concerniente a los principios y normas generales de la ayuda al desarrollo rural, las disposiciones específicas y comunes que regulan las medidas de desarrollo rural, los criterios para subvencionar y las disposiciones administrativas, exceptuando las disposiciones en materia de control que vendrán reguladas por el Reglamento (CE) núm. 1975/2006 de la Comisión, de 7 de diciembre de 2006, en el que se establecen disposiciones de aplicación del Reglamento (CE) núm. 1698/2005 del Consejo, en lo que respecta a la aplicación de los procedimientos de control y la condicionalidad en relación con las medidas de ayuda al desarrollo rural.

El Reglamento (CE) 1698/2005 del Consejo, de 20 de septiembre de 2005 establece en el artículo 36, apartado b), inciso i) las ayudas a la primera forestación de tierras agrícolas. Estas ayudas vienen definidas en el artículo 43 de dicho Reglamento donde se detallan los siguientes conceptos subvencionables: los costes de implantación, una prima anual por cada hectárea poblada para cubrir los costes de mantenimiento por un máximo de cinco años, una prima anual por hectárea para cubrir durante un periodo máximo de quince años la pérdida de ingresos que ocasione la forestación a los agricultores, o a sus asociaciones, dedicados a labrar la tierra antes de la forestación, o a cualquier otra persona física o persona jurídica de derecho privado.

La Comunidad Autónoma Andaluza tiene asumidas las competencias en materia de agricultura en virtud del artículo 48 de la Ley Orgánica 2/2007, por la que se aprueba la reforma del Estatuto de Autonomía para Andalucía, de acuerdo

con las bases y la ordenación de la actuación económica general y la política monetaria del Estado, en los términos de lo dispuesto en los artículos 38, 131 y 149.11 y 13 de la Constitución Española. Estas competencias se encuentran asignadas a esta Consejería de Agricultura y Pesca en virtud del Decreto del Presidente 10/2008, de 19 de abril, de las Vicepresidencias y sobre reestructuración de Consejerías, y en el Decreto 120/2008, de 29 de abril, por el que se establece la estructura orgánica de la Consejería de Agricultura y Pesca.

Por otra parte, esta Consejería fue designada y autorizada por Acuerdo del Consejo de Gobierno de 24 de octubre de 2006, como Organismo Pagador de Andalucía de los gastos financiados con cargo a los Fondos Europeos Agrícolas, regulándose sus funciones y organización por el Decreto 38/2007, de 13 de febrero, por el que se regula el Organismo Pagador y designa el Organismo de certificación y la Autoridad de Gestión de los Fondos Europeos Agrícolas en la Comunidad Autónoma de Andalucía.

Por todo ello, a propuesta de la Dirección General de Fondos Agrarios (DGFA), y en virtud del artículo 44.2 de la Ley 6/2006, de 24 de octubre, del Gobierno de la Comunidad Autónoma de Andalucía, y el artículo 107 de la Ley 5/1983, de 19 de julio, General de la Hacienda Pública de la Comunidad Autónoma de Andalucía,

D I S P O N G O

CAPÍTULO I

Disposiciones Generales

Artículo 1. Objeto, ámbito de aplicación y régimen jurídico.

1. La presente Orden tiene por objeto establecer las bases reguladoras para la concesión de subvenciones destinadas a la primera Forestación de Tierras Agrícolas en la Comunidad Autónoma Andaluza.

2. Las subvenciones a que se refiere la presente Orden, además de lo previsto por la misma, se regirán por las normas comunitarias aplicables y por las normas nacionales de desarrollo o transposición de aquellas, siendo de aplicación supletoria las disposiciones que sobre procedimientos de concesión y gestión rijan para la Administración de la Junta de Andalucía, en concreto:

- La Ley 30/1992, de 26 de noviembre, de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común.

- Las normas aplicables de la Ley 38/2003, de 17 de noviembre, General de Subvenciones, de acuerdo con lo establecido en su disposición final primera; así como de su Reglamento aprobado por el Real Decreto 887/2006, de 21 de julio, conforme a su disposición final primera.

- Las Leyes anuales del Presupuesto.

- La Ley 3/2004, de 28 de diciembre, de Medidas Tributarias, Administrativa y Financieras.

- La Ley 5/1983, de 19 de julio, General de la Hacienda Pública de la Comunidad Autónoma de Andalucía.

- La Ley 9/2007, de 22 de octubre, de la Administración de la Junta de Andalucía.

- El Decreto 254/2001, de 20 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento por el que se regulan los procedimientos para la concesión de subvenciones y ayudas públicas por la Administración de la Junta de Andalucía y sus Organismos Autónomos.

- Ley 2/1992, de 15 de junio, Forestal de Andalucía.

Artículo 2. Objetivos.

Con el régimen de actuaciones que se establece en la presente Orden se pretenden alcanzar los siguientes objetivos:

a) Fomentar la forestación de tierras agrícolas.

b) Diversificar la actividad agraria, así como las fuentes de renta y empleo, evitando la marginación y el abandono de las tierras.

c) Contribuir a la corrección de los problemas de erosión y desertización.

d) Contribuir a la conservación y mejora de los suelos.

e) Contribuir a la conservación de la flora y la fauna, especialmente la protegida.

f) Contribuir a la regulación del régimen hidrológico.

g) Contribuir a la diversificación y puesta en valor del paisaje rural.

h) Favorecer la gestión del espacio natural compatible con el medio ambiente.

i) Contribuir al desarrollo de ecosistemas naturales beneficiosos para la agricultura.

j) Promover la mejora de los recursos naturales.

k) La prevención de riesgos naturales y mitigación de los efectos negativos del cambio climático contribuyendo a la fijación de CO₂.

Artículo 3. Definiciones.

A efectos de esta Orden serán tenidas en cuenta las siguientes definiciones:

a) Explotación: El conjunto de unidades de producción administradas por un mismo agricultor, en cada campaña, que se encuentren en el territorio español.

b) Titular de explotación: persona física o jurídica que ejerce la actividad agraria organizando los bienes y derechos integrantes de la explotación con criterios empresariales, y asumiendo los riesgos y responsabilidades civil, social y fiscal que puedan derivarse de la gestión de la explotación, según establece el apartado 4 del artículo 2 de la Ley 19/1995, de 4 de julio, de Modernización de Explotaciones Agrarias.

c) Parcela de actuación: superficie continua de terreno que haya sido objeto de forestación.

d) Parcela SIGPAC: superficie continua del terreno con una referencia alfanumérica única, representada gráficamente en el Sistema de Información Geográfica de Identificación de Parcelas Agrícolas (SIGPAC).

e) Recinto SIGPAC: cada una de las superficies continuas dentro de una parcela con un uso agrícola único de los definidos en el Anexo I de la Orden de la Consejería de Agricultura y Pesca de 2 de agosto de 2004, por la que se establecen normas para la modificación de datos para la implantación del SIGPAC.

f) Superficie útil de forestación: la resultante de minorar de la superficie total de la parcela de actuación las superficies no aptas para forestación, que se detallan en el artículo 5 de la presente Orden.

g) Superficie coincidente: la superficie obtenida en gabinete por el órgano gestor de la ayuda, tras la intersección de la superficie aprobada en Resolución y la medición final aportada por el beneficiario tras la ejecución de los trabajos de implantación.

h) Agricultor/a: Según el R (CE) 73/2009, del Consejo, se considera agricultor a la persona física o jurídica o todo grupo de personas físicas o jurídicas, independientemente del régimen jurídico que otorgue la legislación nacional al grupo y a sus miembros, cuya explotación esté situada en el territorio de la Comunidad, tal como se establece en el artículo 299 del Tratado, y que ejerza una actividad agraria.

i) Actividad agraria: La producción, la cría o el cultivo de productos agrarios, con inclusión de la cosecha, el ordeño, la cría de animales y el mantenimiento de animales a efectos agrícolas, o el mantenimiento de la tierra en buenas condiciones agrarias y medioambientales, de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 6 del Reglamento (CE) núm. 73/2009 del Consejo.

j) Agricultor/a profesional (AP): La persona física que siendo titular de una explotación agrícola, ganadera o forestal,

que requiera un volumen de empleo de al menos una Unidad de Trabajo Anual y que obtenga al menos, el 25% de su renta de actividades agrarias, según establece el apartado 5 del artículo 2 de la Ley 19/1995, de 4 de julio, de Modernización de Explotaciones Agrarias, modificada por la Ley 45/2007, de 13 de diciembre, de desarrollo sostenible del medio rural.

k) Agricultor/a a título principal (ATP): El agricultor/a profesional que obtenga al menos el 50% de su renta total de la actividad agraria ejercida en su explotación y cuyo tiempo de trabajo dedicado a actividades no relacionadas con la explotación sea inferior a la mitad de su tiempo de trabajo total, según establece el apartado 6 del artículo 2 de la Ley 19/1995, de 4 de julio, de Modernización de Explotaciones Agrarias.

l) Joven agricultor incorporado: La persona que haya cumplido los dieciocho años, no haya cumplido cuarenta años, ejerza o pretenda ejercer la actividad agraria, y posea resolución firme favorable del organismo competente que así lo acredite.

m) Densidad de plantación: número de plantas vivas por hectárea. Esta Orden determinará unas densidades mínimas para la certificación de obra de forestación y de primas de mantenimiento y primas compensatorias.

n) GPS: Sistema de Posicionamiento Global del que se extraerán una serie de coordenadas que determinarán la superficie objeto de ayuda.

o) Marco de plantación: viene determinado por la distancia en metros entre líneas de plantación y la distancia en metros entre plantas de una misma línea de plantación.

p) Marra: planta muerta o inexistente tras su implantación.

q) Cerramientos: cercado que protegerá la plantación de la fauna cinegética y doméstica. Se establecerán dos tipos de vallados o cerramientos: Cerramiento con malla ganadera y cerramiento con malla cinegética.

r) Elementos estructurales: los considerados como tales según la definición y procedimiento recogidos en la Orden de la Consejería de Agricultura y Pesca, por la que se establecen los requisitos legales de gestión y las buenas condiciones agrarias y medioambientales que deben cumplir los agricultores que reciban pagos directos en el marco de la política agrícola común, los beneficiarios de determinadas ayudas de desarrollo rural, y los agricultores que reciban ayudas en virtud de programas de apoyo a la reestructuración y reconversión y a la prima de arranque del viñedo.

CAPÍTULO II

Régimen de Concesión

Artículo 4. Superficies susceptibles de forestación.

1. A los efectos de esta Orden, según establece el Programa de Desarrollo Rural de Andalucía 2007-2013 (PDR) para la medida 221, de ayudas a la primera forestación de tierras agrícolas, se consideran tierras agrarias susceptibles de forestación aquellas que no estén identificadas en el SIGPAC como forestales y hayan tenido una actividad agraria de conformidad con lo establecido en el artículo 2.c) del Reglamento (CE) 1782/2003, del Consejo. Dichas superficies deben estar comprendidas en algunos de los apartados siguientes:

a) Tierras ocupadas por cultivos herbáceos y huertas: aquéllas identificadas en el SIGPAC como tierras arables (TA) y Huerta (TH). En el caso de que la tierra arable esté arbolada con especies distintas de las del apartado b) del presente artículo, se seguirá el mismo criterio con respecto al número de árboles que en el pasto con arbolado descrito en el apartado d) del presente artículo.

b) Tierras ocupadas por cultivos leñosos: aquéllas que ocupan el terreno con carácter permanente y no necesitan ser replantadas después de cada cosecha, siempre que la fracción de cabida cubierta de dichas especies no supere el 20%

de la superficie del recinto, y estén catalogadas en SIGPAC como: Cítricos-Frutal (CF), Cítricos (CI), Cítricos-Frutal de cáscara (CS), Cítricos-Viñedo (CV), Frutal de cáscara-Olivar (FL), Frutal de cáscara (FS), Frutal de cáscara-Viñedo (FV), Frutal (FY), Olivar-Cítricos (OC) Olivar-Frutal (OF), Olivar (OV), Frutal de cáscara-Frutal (FF), Viñedo-Frutal (VF), Viñedo (VI) y Viñedo-Olivar (VO).

c) Barbechos: tierras de cultivo en descanso agronómico que pueden ser aprovechadas como pastos e identificadas en el SIGPAC como tierra arable (TA).

d) Pastizal: superficie de cubierta herbácea compuesta fundamentalmente por especies anuales y que tienen un aprovechamiento ganadero a diente, identificadas en el SIGPAC como pastizal (PS) y como pasto con arbolado (PA con un máximo 10 árboles/hectárea).

2. Según establece el Programa de Desarrollo Rural de Andalucía 2007-2013 (PDR) para la medida 221, de ayudas a la primera forestación de tierras agrícolas, en el caso de las zonas de la Red Natura 2000, identificadas en el SIGPAC a través del código de la incidencia 200, que por estar integradas en un Espacio Natural Protegido, cuenten con planes de ordenación de recursos y de uso y gestión, se deberán seguir las indicaciones de éstos, y mientras no se aprueben los correspondientes planes de gestión, será imprescindible el informe previo del órgano competente medioambiental, aparte de seguirse las indicaciones de la planificación forestal andaluza, establecidas por el Plan Forestal Andaluz y otros que sean aplicables a la zona.

Artículo 5. Superficies excluidas.

Quedan excluidas de estas ayudas, además de las que no cumplan las definiciones del artículo anterior, las siguientes:

a) Aquellas superficies que, aún estando dentro de las definidas en el artículo anterior, se encuentren dentro de un Espacio Natural Protegido y no obtengan la autorización previa de la Consejería de Medio Ambiente.

b) Aquellas superficies en las que debido a la existencia de suelos rocosos o a la escasa profundidad del suelo, resulte inviable una preparación del suelo mecanizada y la preparación manual no asegure la supervivencia de la futura repoblación.

c) Aquellas superficies en la que se aprecie una regeneración natural abundante de especies forestales (arbóreas o arbustivas autóctonas) de más de 2 años, cuando ésta se manifieste viable, excepto los enclaves que tengan la consideración de elemento estructural, conforme al apartado r) del artículo 3.

d) Aquellas superficies adhesionadas con densidad de planta superior a la establecida en el apartado d) del artículo anterior.

e) Aquéllas que se asienten sobre suelos salinos, dunas, mantos eólicos y en las que, por razones edáficas de especial aridez u otras cuestiones técnicas, hagan inviable su forestación.

f) Superficies en las que se produzcan encharcamientos periódicos y no sean susceptibles de forestación.

g) Superficie identificada en el SIGPAC como pastos arbustivos (PR), corrientes y superficies de agua (AG), Viales (CA), Edificaciones (ED), Forestal (FO), Improductivo (IM), Isla de Olivar (IS), Invernaderos y cultivos bajo plástico (IV), Zona concentrada (ZC), Zona Urbana (ZU) y Zona censuradas (ZV).

h) Recinto SIGPAC con pendiente media superior al 25%.

Para la determinación de la pendiente de los recintos se utilizará la pendiente media definida en SIGPAC.

En caso de bancales o terrazas y siempre que no tengan limitaciones para el uso de maquinaria, se podrá actuar en recintos con pendientes superiores al 25%, previo informe favorable de técnicos competentes de la Consejería de Agricultura y Pesca.

i) Superficies con pendientes del recinto inferiores al 25% que tengan limitaciones para trabajar las tierras, por existencia de unas condiciones orográficas duras y dificultades para el uso de maquinaria.

j) Las superficies que tras los descuentos de las pendientes especificadas en los dos apartados anteriores, así como los descuentos especificados en el apartado b) del presente artículo, resulten con una cabida inferior a 1 ha.

k) Toda superficie inferior a 1 ha, exceptuándose:

- Aquellas superficies colindantes con otras parcelas anteriormente forestadas y consolidadas, resultando el cómputo total del conjunto superior a 1 ha.

- Superficies inferiores a 1 ha que por motivos de expropiación o de cualquier otra índole, hayan quedado aisladas.

l) Superficies clasificadas legalmente como urbanas o urbanizables.

m) Terrenos sometidos a expropiación forzosa y expresamente aquellos en que se tenga conocimiento del acta de ocupación.

n) Superficies colindantes a Espacios Naturales Protegidos, con el objetivo de evitar los daños que pueda ocasionar la fauna silvestre incontrolada sobre la superficie a forestar y debido a las restricciones sobre el aprovechamiento cinegético existente. Quedan exceptuadas de esta limitación si con anterioridad a la concesión de la ayuda a la forestación disponen de autorización previa de la Administración competente para colocación de cerramiento cinegético perimetral que garantice la protección de la plantación.

o) Superficies incluidas en cotos de caza mayor.

p) Aquellas superficies ocupadas por caseríos, albercas, cursos de agua (arroyos, vaguadas y ríos), caminos, asentamientos apícolas, manchas de matorral, balsas de agua, pantanetas, y otras construcciones, que aun no estando identificadas como tales en el SIGPAC sean determinadas por el técnico de la administración, y no tengan la consideración de elemento estructural, conforme a la definición dada en el apartado p) del artículo 3.

Artículo 6. Beneficiarios y requisitos para acceder a las subvenciones.

1. Podrán ser beneficiarios de las ayudas que se establecen en la presente Orden las personas físicas o jurídicas, de derecho público (organismos públicos, municipios y sus asociaciones) o privado, que sean titulares de derechos reales de propiedad, posesión o usufructo, sobre las tierras agrícolas susceptibles de forestación.

2. Podrán acceder a la condición de beneficiario las comunidades de bienes o cualquier otro tipo de unidad económica o patrimonio separado en quien concurra la titularidad de las explotaciones agrarias, debiendo designar un representante y domicilio a efectos de notificaciones.

3. En el caso de que la solicitud de ayuda la formule persona distinta del propietario, éste dará conformidad expresa al solicitante, suscribiendo el modelo que aparece como Anexo I de la presente Orden. En el caso de existir varios propietarios, cada uno de ellos dará autorización expresa al solicitante suscribiendo el modelo antes citado.

4. No podrán acogerse a estas ayudas:

a) Aquellos solicitantes que sean beneficiarios del cese anticipado de la actividad agraria.

b) Aquellos que perciban subvenciones declaradas como incompatibles de acuerdo con la normativa de la Unión Europea.

c) Los beneficiarios del programa de forestación de tierras agrarias o agrícolas cuyos expedientes, aprobados en virtud del Reglamento (CEE) núm. 2080/1992 y del Reglamento (CE) núm. 1257/1999, hayan sido objeto de resolución firme de reintegro por abandono.

5. Dada la naturaleza y peculiaridades de las ayudas reguladas en la presente Orden, cofinanciadas por el FEADER y establecidas sus bases por la normativa comunitaria, así como debido a complejidad de las mismas y su breve plazo de resolución, quedan exceptuadas de la acreditación de la no concurrencia de las circunstancias descritas en el artículo 13.2, apartados b), d), e), f) y g), de la Ley 38/2003, de 17 de noviembre, General de Subvenciones, y de las prohibiciones establecidas en el artículo 29.1 de Ley 3/2004, de 28 de diciembre, de Medidas Tributarias, Administrativas y Financieras.

6. De conformidad con el artículo 13.3 de la Ley 38/2003, General de Subvenciones, en ningún caso podrán obtener la condición de beneficiarias de estas subvenciones las asociaciones incursas en las causas de prohibición previstas en los apartados 5 y 6 del artículo 4 de la Ley Orgánica 1/2002, de 22 de marzo, reguladora del Derecho de Asociación. Tampoco podrán obtener la condición de beneficiarias las asociaciones respecto de las que se hubiera suspendido el procedimiento administrativo de inscripción por encontrarse indicios racionales de licitud penal, en aplicación de lo dispuesto en el artículo 30.4 de la Ley Orgánica 1/2002, de 22 de marzo, en tanto no recaiga resolución judicial firme en cuya virtud pueda practicarse la inscripción en el correspondiente registro.

Artículo 7. Conceptos subvencionables.

La ayuda a la primera forestación de tierras agrícolas prevista en el artículo 36, letra b), inciso i), del Reglamento (CE) núm. 1698/2005, de 20 de septiembre tal y como recoge en el artículo 43 del citado Reglamento, incluirá los siguientes conceptos:

a) Ayuda a la implantación: incluye costes de plantación y obras complementarias.

b) Ayuda por costes de mantenimiento: consistente en una prima anual por cada hectárea forestada para cubrir los costes de mantenimiento por un máximo de cinco años.

c) Ayudas para la compensación de rentas: consistente en una prima anual por hectárea para cubrir durante un máximo de quince años, las pérdidas de ingresos que ocasione la forestación.

Artículo 8. Ayuda a la Implantación.

1. Se concederá para sufragar los costes de plantación y obras complementarias, una vez comprobada la realización de los trabajos y certificados los mismos.

2. La ayuda a la Implantación puede comprender:

a) Costes de plantación: ayuda destinada a compensar los gastos necesarios para:

1.º Replanteo de la superficie concedida.

2.º Preparación previa del terreno.

3.º Adquisición de planta o semilla.

4.º Labores de plantación propiamente dicha.

5.º Protección individual de la planta con o sin tutores,

6.º Medición GPS de la superficie forestada ejecutada.

7.º Honorarios de redacción de proyecto técnico y dirección de obra (máximo del 3% del presupuesto de Obra resultante de los gastos anteriores).

b) Costes de obras complementarias a la plantación: cerramientos y cortafuegos. Podrán incluirse cuando sean imprescindibles para garantizar el buen fin de la plantación, debiendo cumplir con las siguientes características básicas:

1.º Cerramientos:

1.1. Cerramientos ganaderos (de malla, espino o combinación de los mismos), a base de postes con 3 m de separación, La altura libre del cerramiento no será inferior a 1,5 m. En el caso de cerramiento ganadero de espino llevará 5 hileras de alambre galvanizado.

1.2. Cerramientos cinegéticos: formados por malla cinegética, a base de postes galvanizados a 3 m de separación y

con refuerzos cada 50 m. La malla irá sujeta a los postes con sus correspondientes alambres, tensores y abrazaderas. La altura libre del cerramiento no será inferior a 2 m.

1.3. Reparación de cerramiento existente: adaptación de cerramiento actual a algunos de los descritos en los dos apartados anteriores.

1.4. Puertas de acceso para los cerramientos: será de las mismas características que el cerramiento elegido, con un ancho mínimo de 5 m y formada por dos hojas.

2.º Cortafuegos para prevención de incendios con una anchura mínima de 10 m.

3. Las ayudas a la implantación se calcularán de la siguiente forma:

3.1. En el caso de personas físicas o personas jurídicas de derecho privado:

a) Con carácter básico, los costes de implantación máximos serán los recogidos en el Anexo II de la presente Orden.

b) Dichos costes, y en función de la pendiente determinada según metodología SIGPAC, se incrementarán en los siguientes porcentajes:

- Entre un 5 y un 15 por ciento de pendiente: 15% incremento.

- Más de 15 y hasta un 25 por ciento de pendiente: 20% incremento.

c) El importe resultante de la suma de los apartados a) y b), será subvencionado en un 80%, en las zonas citadas en el artículo 36, letra a), incisos i), ii) y iii) del Reglamento (CE) núm. 1698/2005 de 20 de septiembre, que estén en vigor en el momento de la solicitud, es decir:

- En zonas de montaña y otras zonas distintas a las de montaña: siendo estas la superficie de la parcela de actuación localizadas en términos municipales y que se relacionan en el Anexo III de la presente Orden.

- En zonas Red Natura 2000: siendo estas la superficie de la parcela de actuación identificadas en el SIGPAC a través del código de la incidencia 200.

d) Para el resto de zonas, no incluidas en el apartado anterior, el importe resultante será subvencionado un 70%.

3.2. En el caso de organismos públicos sólo se concederán los costes ocasionados por la implantación, cubriendo el 100% de los costes de implantación máximos recogidos en el Anexo II de la presente Orden.

En caso de que la propiedad sea de organismos públicos, y dichas tierras estén arrendadas a una persona física o jurídica de derecho privado, se podrán también conceder las primas anuales contempladas en el artículo 7 de la presente Orden, con las limitaciones establecidas en el apartado 3.1. del presente artículo.

4. En aquellos supuestos que se apruebe la forestación por el sistema de siembra, tanto para el caso de personas físicas o personas jurídicas de derecho privado como para organismos públicos, el importe de las partidas de plantación + planta, establecido en los módulos básicos del Anexo II, se reducirá en un 25%.

5. El importe máximo a percibir por obras complementarias, descritas en el apartado 2, letra b) de este artículo, se determinarán en función de las unidades y repercusión establecida en el Anexo II. Serán subvencionables siempre y cuando hayan sido consideradas imprescindibles para garantizar el buen fin de la plantación, tanto si fueron solicitadas desde un primer momento por el beneficiario como si son incluidas a posteriori de oficio por la Administración, y su ejecución será de obligado cumplimiento.

La no ejecución de las mismas podrá determinar la no certificación de la obra de forestación, salvo justificación de contrario e informe favorable de la correspondiente Delegación Provincial.

Artículo 9. Ayuda por costes de mantenimiento.

1. Incluirá los costes de los cuidados culturales posteriores a la plantación, necesarios para el normal desarrollo de las plantas.

2. Esta ayuda tiene carácter anual, concediéndose por hectárea forestada durante un periodo máximo de cinco años consecutivos, contados a partir del siguiente a aquél en que se certificó la ejecución de la plantación. El importe de estas ayudas se recoge en el Anexo IV de la presente Orden.

3. No se concederán estas ayudas por costes de mantenimiento en caso de:

a) Forestaciones emprendidas por Entidades de Derecho Público, sus asociaciones y las sociedades participadas por aquéllas en al menos un 50%.

b) Especies de crecimiento rápido contempladas en el apartado D del Anexo VI.

4. El personal técnico competente de la Administración, podrá indicar al beneficiario los trabajos de mantenimiento que consideren necesarios para el buen desarrollo de la forestación. Dichos trabajos serán de obligada ejecución por los beneficiarios.

5. Si el estado del expediente así lo requiere, el personal técnico competente de la Administración que corresponda, redactará informe final del mantenimiento, en el que se hará constar el estado general del expediente y su posible viabilidad futura. En caso de ser este informe desfavorable, se iniciará de oficio el correspondiente procedimiento de declaración de inviabilidad total o parcial, según se establece en el artículo 44 de la presente Orden.

Artículo 10. Ayudas para la compensación de rentas.

1. Está destinada a compensar a los beneficiarios la pérdida de ingresos agrícolas o ganaderos derivados de la forestación de las tierras. Se concederá con carácter anual por hectárea forestada durante un periodo máximo de 15 años, a partir del momento en que se certificó la correcta ejecución de la plantación.

2. Esta prima se abonará junto con costes de implantación el primer año a excepción de lo dispuesto en el artículo 36.1 de la presente Orden, y conjuntamente con la ayuda a los costes de mantenimiento durante el periodo de vigencia de la misma, salvo los supuestos previstos en el artículo 42.12 de la presente Orden.

3. No será concedida esta prima en los supuestos previstos en el apartado 3 del artículo 9 de esta Orden.

4. Los importes de las primas compensatorias se establecen en función del cultivo abandonado y la tipología del solicitante de la ayuda, y serán los que se recogen en el Anexo V de la presente Orden, distinguiéndose entre:

a) Agricultor: Agricultor, Agricultor/a Profesional (AP), Agricultor/a a Título Principal (ATP) y Joven Agricultor/a Incorporado, definidos en el artículo 3 de esta Orden.

b) Otras personas de derecho privado.

Los beneficiarios incluidos en el apartado a) tendrán derecho a percibir la prima compensatoria por las cuantías que se establecen en el Anexo V de la presente Orden, mientras ostenten las citadas condiciones. La pérdida de las mismas dará lugar a percibir las cuantías como otras personas de derecho privado, durante el resto del periodo de percepción de la prima compensatoria. Si se detectara que se ha percibido alguna anualidad/es de forma indebida se procederá a su reintegro en los términos previstos en el artículo 45 de esta Orden.

La jubilación del beneficiario incluido en el apartado a) de este artículo, también dará lugar a percibir las cuantías como otras personas de derecho privado, durante el resto de periodo de percepción de la prima compensatoria.

5. En el supuesto de cambio de titularidad del expediente de ayudas, se adaptará la cuantía de la prima compensatoria a la nueva situación del titular, pudiendo incrementarse o reducirse sobre la aprobada inicialmente.

Artículo 11. Especies objeto de ayuda.

1. Los géneros y especies que pueden ser objeto de las ayudas reguladas en esta Orden se recogen en su Anexo VI.
2. Se incluyen en el Anexo VI las especies de crecimiento rápido, a las que sólo se les concederá ayuda a la implantación, detallada en el artículo 8 de esta Orden.
3. Las ayudas contempladas en la presente Orden, no se concederán para las plantaciones de árboles de Navidad.

Artículo 12. Densidades mínimas.

1. Las densidades mínimas que se han de cumplir durante la implantación y los cinco años de mantenimiento se detallan en el Anexo VI de esta Orden. Para el caso de masas con mezcla de frondosas y/o resinosas la densidad mínima resultante se calculará en función del porcentaje de participación y la densidad mínima de cada especie.
2. Una vez certificada la quinta prima de mantenimiento en la plantación, las densidades mínimas serán las que se establecen en el Anexo VII de la presente Orden, distinguiéndose dos periodos en función de la anualidad de certificación de la ayuda a la compensación de rentas.
3. El método para la determinación de la densidad de plantación para la certificación de las primas para la ayuda a la primera forestación de tierras agrícolas, es el método clásico, consistente en:
 - a) Marco de plantación.
 - b) Número de plantas.
 - c) Número de plantas vivas.

De modo que mediante el marco de plantación se puede determinar el número de plantas mínimo que se encuentran en la superficie donde se asienta la forestación objeto de ayuda.

El marco de plantación viene determinado por la distancia entre líneas de plantación y la distancia entre plantas de una misma línea de plantación, de modo que para determinar el número de plantas mínimo «N» aplicaremos la siguiente fórmula:

$$N = \frac{(10.000 * S)}{(L * I)}$$

Donde:

- N = número de plantas.
- S = superficie forestada objeto de ayuda en hectáreas.
- L = distancia en metros entre líneas de plantación.
- I = distancia en metros entre plantas de una misma línea de plantación.

Para la determinación final de la densidad de plantación para cada parcela agraria, se establecerá el porcentaje de planta viva a partir de los conteos realizados. Para ello aplicaremos la siguiente fórmula:

$$\% \text{ plantas vivas} = \frac{\text{núm. de plantas vivas}}{\text{núm. total de plantas muestreadas}} * 100$$

Aplicando este porcentaje al número de plantas "N", obtendremos la densidad media de plantación para la parcela agraria muestreada.

El número mínimo de plantas a muestrear para cada expediente viene determinado por la superficie objeto de ayuda de la siguiente forma:

Superficie (ha)	Núm. mínimo plantas/muestreo
< 10	200
10 - 50	300
> 50	500

Artículo 13. Mezclas de especies.

1. Se admitirá la mezcla de especies de distintos grupos en los términos previstos en este artículo, excepto para las especies arbóreas de especial interés contempladas en el apartado C del Anexo VI y para especies de crecimiento rápido contempladas en el apartado D del Anexo VI, que tendrán que formar plantaciones de su mismo grupo.
2. Se entenderá por mezcla de especies la concurrencia de, mínimo dos y máximo cuatro especies en la plantación, de las incluidas en el apartado A y B del Anexo VI de la presente Orden.
3. Para el establecimiento de la plantación, deberá tenerse en cuenta las siguientes proporciones:
 - a) Mezcla de frondosas: Al menos dos de las frondosas que constituyen la mezcla deben tener un porcentaje de participación por especie igual o superior al 25%.
 - b) Mezcla de resinosas: al menos dos de las resinosas que constituyen la mezcla deben tener un porcentaje de participación por especie igual o superior al 25%.
 - c) Mezcla de frondosas con resinosas: el porcentaje de participación del total de las frondosas que participan en la mezcla tiene que ser igual o superior al 50%. La densidad mínima para este tipo de mezcla será de 550 Plantas/Ha o 600 Plantas/Ha de conformidad con lo establecido en el apartado C del Cuadro 1 del Anexo II. En caso de emplear densidades superiores a las mínimas establecidas, se asimilarán a efectos de costes de implantación al grupo de pago más próximo.

4. Para anualidades sucesivas al establecimiento de la plantación, deberán tenerse en cuenta las siguientes proporciones:
 - a) Mezcla de frondosas: al menos dos de las frondosas que constituyen la mezcla deben tener un porcentaje de participación por especie igual o superior al 10%.
 - b) Mezcla de resinosas: al menos dos de las resinosas que constituyen la mezcla deben tener un porcentaje de participación por especie igual o superior al 10%.
 - c) Mezcla de frondosas y resinosas: el porcentaje de participación del total de las frondosas que participan en la mezcla tiene que ser igual o superior al 20%.

Artículo 14. Financiación de las ayudas.

1. De acuerdo con lo dispuesto en el Reglamento (CE) núm. 1698/2005, del Consejo, de 20 de septiembre, las ayudas contempladas en la presente Orden se cofinanciarán en un 75% por el FEADER y en un 25% por el Estado Miembro (20% Ministerio de Medio Ambiente, del Medio Rural y Marino y 5% Junta de Andalucía). Los gastos cofinanciados por el FEADER no serán cofinanciados mediante la contribución de los Fondos Estructurales, del Fondo de Cohesión (FC) o de cualquier otro instrumento financiero comunitario.
2. El pago de la ayuda contemplada en esta orden se financiará con cargo a la aplicación presupuestaria 01.18.00.11.00.764.00.71G.6., 01.18.00.11.00.774.00.71G.7., 01.18.00.11.00.784.00.71G.8. Todo ello sujeto a la condición suspensiva de crédito adecuado y suficiente de los correspondientes presupuestos.
3. La concesión de estas ayudas estará limitada por las disponibilidades presupuestarias existentes.
4. El importe de la subvención concedida en ningún caso podrá ser de tal cuantía que, aisladamente, o en concurrencia con subvenciones o ayudas de otras Administraciones Públicas, o de otros entes públicos o privados, nacionales o internacionales, supere el coste de la actividad a desarrollar por el beneficiario, de conformidad con lo dispuesto en el artículo 19.3 de la Ley 38/2003, General de Subvenciones.

CAPÍTULO III

Consideraciones Técnicas

Artículo 15. Condiciones técnicas de las inversiones.

1. La concesión y el pago de las ayudas a la primera forestación de tierras agrícolas está condicionada al cumplimiento de los requisitos técnico-sanitarios y de densidad de arbolado que para las diferentes especies se determina en los Anexos VI y VII de la presente Orden, así como a la correcta y completa ejecución de las condiciones que se establecen en el Capítulo V de la presente Orden.

2. Todas las plantas empleadas tanto para la obra inicial como para la reposición que procedan de viveros comerciales, deberán venir provistas del correspondiente pasaporte fitosanitario y cumplir las normas vigentes sobre la procedencia y comercialización de material forestal de reproducción, y más concretamente el Real Decreto 58/2005, de 21 de enero, por el que se adoptan medidas de protección contra la introducción y difusión en el territorio nacional y de la comunidad europea de organismos nocivos para los vegetales o productos vegetales, así como para la exportación y tránsito hacia países terceros. Las semillas y plantas empleadas en las forestaciones serán de calidad genética garantizada.

3. La elección de especies debe tener en cuenta las características de la zona (latitud, altitud, condiciones edáficas y climáticas) y los factores del terreno (pendiente, pedregosidad y vegetación preexistente). La elección de especies se corresponderá, preferentemente, con las arbóreas presentes o, si no las hubiera, con las existentes en terrenos colindantes o cercanos, evitando la introducción de especies distintas a las naturales en la zona, a excepción de las especies de crecimiento rápido.

4. Las superficies forestadas por este régimen de ayuda pasarán a tener el carácter de forestales, y serán incluidas en el ámbito de aplicación de la Ley 2/1992, de 15 de junio, Forestal de Andalucía, o normativa que la sustituya.

5. Los recintos y/o parcelas que hayan sido aprobados y realizada su certificación de obra, serán integradas en el SIGPAG como de uso forestal (FO), y en concepto de primera forestación de tierras agrícolas R (CE) 1698/2005, de conformidad con lo dispuesto en los artículos 3 y 4 de la Orden de 13 de abril de 2007, por la que se regula el procedimiento para el mantenimiento del Sistema de Información Geográfica de Identificación de Parcelas Agrícolas.

Para ello, el órgano encargado de gestionar estas ayudas, deberá enviar la información gráfica y alfanumérica necesaria al organismo responsable del mantenimiento y actualización del SIGPAG.

6. En los casos de forestaciones efectuadas con especies de crecimiento rápido, los beneficiarios deberán comunicar a la Delegación Provincial correspondiente, que la plantación ha finalizado, a fin de que se verifique dicho extremo por parte del personal técnico competente de la Administración, entendiéndose como finalizada cuando se compruebe el arranque total de la plantación al final de su ciclo productivo.

7. Aquellas forestaciones en las que se planteen proyectos de energía solar y/o eólica, o cualquier otro proyecto de energías renovables, previamente deberán contar con informe favorable de la Consejería de Medio Ambiente. La superficie afectada por dichos proyectos podrá ser compensada, optando por:

a) Reintegrar las ayudas percibidas por la superficie afectada.

b) Realizar una nueva forestación sobre una superficie equivalente a la ocupada por el proyecto, previo informe favorable de la correspondiente Delegación Provincial de Agricultura y Pesca.

8. Las superficies forestadas no podrán dedicarse a ningún uso agrícola ni ganadero. Sólo será posible el pastoreo

puntual a partir de la quinta certificación de mantenimiento, como medida para eliminar la vegetación en competencia con la forestación en zonas que, por sus especiales limitaciones, no permita el uso de medios químicos o mecánicos para su eliminación. En estos casos, se exigirá además que no provoque daños en las plantas, no tenga carácter de aprovechamiento ganadero regular y se trate de ganado ovino.

La Delegación Provincial correspondiente deberá autorizar expresamente esta práctica, previa solicitud justificada del interesado.

9. Se podrá permitir el uso de herbicidas autorizados por la normativa vigente no residuales para el manejo de la vegetación del suelo, siempre y cuando no sean tóxicos para la fauna existente. En caso de uso de herbicida deberá conservar a disposición de la Administración, la documentación que acredite el producto y la dosis empleada.

Artículo 16. Autorizaciones previas.

1. Para las superficies que se encuentren ubicadas dentro de los Espacios Naturales Protegidos, se estará a lo dispuesto en la normativa específica que resulte de aplicación, siendo preceptivo con carácter previo informe técnico de la Consejería de Medio Ambiente sobre la viabilidad de las acciones, de conformidad con lo dispuesto en la Ley 2/1989, de 18 de julio, de Inventario de Espacios Naturales Protegidos de Andalucía.

2. Para las superficies de pastizal a que se refiere la letra d) del artículo 4.1 de la presente Orden, que puedan tener la consideración de terrenos forestales según la vigente Ley 2/1992, de 15 de junio, Forestal de Andalucía, o normativa que la sustituya, se precisará, previamente a la concesión de las ayudas, informe técnico sobre la viabilidad de las acciones expedido por la Consejería de Medio Ambiente.

La no presentación de los informes previstos en este artículo en el plazo de 3 meses, a contar desde el día siguiente al de la presentación de la solicitud de ayuda, conllevarán la denegación de la ayuda.

Artículo 17. Proyectos técnicos.

1. Para superficies de forestación superiores a 50 ha, deberá realizarse el correspondiente Proyecto técnico, firmado por técnico competente visado por Colegio Oficial, que deberá constar de: memoria, anejos a la memoria, mapa topográfico de situación del perímetro a escala 1:50.000, mapa topográfico con representación de las parcelas de actuación y la localización de las obras a escala 1:10.000, planos generales y de desarrollo de la obra a escala adecuada, pliego de prescripciones técnicas y presupuestos con mediciones, cuadro de precios, presupuestos parciales, presupuesto de ejecución material y presupuesto general.

2. Además, se deberá incluir un fichero gráfico de las zonas de actuación con las siguientes características:

a) Los ficheros deberán tener las extensiones (*.dxf, *.dwg, *.dgn ó *.shp), pudiendo generarse bien mediante medición GPS o bien mediante otras herramientas de dibujo (CAD, Ortofotos, Cartografía digital, etc.) haciendo referencia a la base cartográfica empleada.

b) Cada perímetro deberá estar etiquetado, diferenciando entre la zona que se pretende forestar y las zonas de exclusiones.

c) Deberá tener topología de polígono o de polilínea cerrada.

d) Incluirá el perímetro/s de la zona/s de actuación así como los perímetros de las zonas no forestadas (caminos, edificaciones, suelos rocosos, etc.) y todo aquello que sea susceptible de descuento.

e) Los ficheros deberán estar georreferenciados al Huso 30. En Huelva podrán georreferenciarse al Huso 29. El listado de las coordenadas UTM (Huso 30) de los puntos que definen cada perímetro, en formato digital (*.xls, *.txt, *.dbf, ó *.mdb) y papel (plano) de actuación diferenciando las zonas a forestar y las exclusiones, sobre el mapa topográfico de Andalucía a escala 1/10.000.

Artículo 18. Mantenimiento de la biodiversidad.

1. En aras al mantenimiento de la biodiversidad en las superficies objeto de ayuda, se respetarán las manifestaciones del arbolado autóctono más evolucionado de cada especie vegetal.

2. En las forestaciones que se realicen sobre terrenos ocupados por frutales y olivar, deberá mantenerse una amplia representación de la especie existente, siempre que no se realice su aprovechamiento de forma regular, y debiendo dirigirlos a porte arbóreo. No se podrán realizar prácticas agrícolas tendentes a restaurar el aprovechamiento del cultivo leñoso abandonado, dando lugar, en caso contrario, al reintegro de las ayudas por la totalidad de la superficie. Las forestaciones se realizarán con densidades de plantación que en ningún caso podrán ser inferiores a las densidades mínimas de cada especie.

Artículo 19. Determinación de los usos o aprovechamientos.

1. El aprovechamiento o uso de cada recinto vendrá reflejado en la solicitud de ayuda.

2. Cuando el aprovechamiento o uso de un recinto no coincida con el determinado por SIGPAC, se valorará el definido por la Dirección General de la Producción Agrícola y Ganadera u órgano que lo sustituya. Cualquier incidencia relativa al uso SIGPAC asignado o geometría de los recintos será resuelta por la Dirección General de la Producción Agrícola y Ganadera previa alegación del interesado. En caso de discrepancia entre el uso determinado en SIGPAC y el observado por el técnico en el momento de la visita de campo previa a la aprobación de la ayuda, se determinará en función de lo observado por el técnico.

3. La comprobación del aprovechamiento de cultivos herbáceos o barbechos, se realizará sobre la Base de Datos del Sistema Integrado de las diferentes campañas anteriores, disponible en esta Dirección General de Fondos Agrarios. En caso de no disponer de dicha información, será determinado en el momento de emitir el informe técnico de campo descrito en el artículo 23.4.

CAPÍTULO IV

Procedimiento

Artículo 20. Convocatoria.

Mediante la presente Orden se convocan ayudas a la primera forestación de tierras agrícolas para la campaña 2009.

Para acceder a las subvenciones reguladas en esta Orden en años posteriores, se realizará convocatoria pública mediante Resolución de la persona titular de la Dirección General de Fondos Agrarios, o en su caso, en la Orden reguladora anual de los regímenes de ayudas comunitarias a la agricultura, y la ganadería, las ayudas destinadas a indemnizar las dificultades naturales en zonas de montaña y en otras zonas distintas a las de montaña, del régimen de ayudas agroambientales, y a la forestación de tierras agrícolas. Dicha convocatoria se publicará en el Boletín Oficial de la Junta de Andalucía.

Artículo 21. Forma, lugar y plazo de presentación de solicitudes.

1. Solicitud de ayudas.

a) En cuanto a la forma y lugar de presentación, las solicitudes de ayudas se registrarán por lo dispuesto en la Orden reguladora anual de los regímenes de ayudas comunitarias a la agricultura, y la ganadería, las ayudas destinadas a indemnizar las dificultades naturales en zonas de montaña y en otras zonas distintas a las de montaña, del régimen de ayudas agroambientales, y a la forestación de tierras agrícolas, cumplimentando los impresos oficiales de la Solicitud Única.

b) En cuanto al plazo, la presentación de solicitudes de ayudas para la campaña 2009, será el fijado en la Disposición Adicional Primera de la presente Orden.

Para campañas posteriores, el plazo de solicitud de ayudas será el que establezca su correspondiente convocatoria, a realizar según el apartado 2 del artículo 20 de la presente Orden.

No serán admitidas a trámite las solicitudes de ayuda que se presenten fuera del plazo establecido en la convocatoria, resolviéndose la inadmisión de las mismas, que será notificada a los interesados en los términos previstos en los artículos 58, 59 y 60 de la Ley 30/1992, de 26 de noviembre, de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común.

2. Solicitudes de pago por costes de implantación.

Según lo establecido en el artículo 6.1.b) del Reglamento (CE) núm. 1975/2006 de la Comisión, las solicitudes de pago por costes de implantación no serán presentadas junto con la Solicitud Única, ni se registrarán por lo dispuesto en la citada Orden reguladora anual de los regímenes de ayudas comunitarias a la agricultura, siendo necesario comunicar la finalización de los trabajos de forestación en la forma y plazos que se establecen en los artículos 33 y 34 de la presente Orden.

3. Solicitudes de pago correspondiente a primas anuales de mantenimiento y/o compensatorias.

Se presentarán en la forma, lugar y plazos establecidos en la Orden reguladora anual de los regímenes de ayudas comunitarias a la agricultura, y la ganadería, las ayudas destinadas a indemnizar las dificultades naturales en zonas de montaña y en otras zonas distintas a las de montaña, del régimen de ayudas agroambientales, y a la forestación de tierras agrícolas, debiendo cumplimentarse los impresos oficiales de la Solicitud Única.

Se admitirán solicitudes de pago por costes de mantenimiento y primas compensatorias hasta 25 días naturales siguientes a la finalización del plazo establecido, si bien en este caso los importes se reducirán en los porcentajes establecidos en el artículo 21 del Reglamento (CE) 796/2004 de la Comisión. En caso de retraso superior a 25 días naturales, la solicitud se considerará inadmisibles, procediéndose a dictar resolución en este sentido, y el archivo de las actuaciones.

La reducción mencionada será también aplicable respecto a la presentación de declaraciones y otros documentos o justificantes que sean requisitos de la admisibilidad de la solicitud de pago de que se trate, conforme a lo dispuesto en los artículos 12 y 13 del citado Reglamento.

4. Entidades colaboradoras.

Las distintas solicitudes podrán ser presentadas a través de entidades colaboradoras.

La lista de entidades colaboradoras firmantes del convenio de colaboración, se puede conocer a través de la web de la Consejería de Agricultura y Pesca: <http://www.cap.junta-andalucia.es/agriculturaypesca/portal/opencms/portal/portada.jsp>

5. De conformidad con lo dispuesto en el artículo 31.2 de la Ley 3/2004, de 28 de diciembre, la presentación de las solicitudes descritas en los apartados anteriores por parte de la persona interesada, conlleva la autorización al órgano gestor para recabar las certificaciones a emitir por la Agencia Estatal de la Administración Tributaria, por la Tesorería General de la Seguridad Social y por la Consejería de Economía y Hacienda de la Junta de Andalucía.

Artículo 22. Documentación.

1. Sólo podrá presentarse una solicitud de ayudas a la forestación de tierras agrícolas por titular y año.

2. Junto con la solicitud de ayudas, será necesario acompañar la siguiente documentación básica:

a) Documento Nacional de Identidad del solicitante de la ayuda, en el caso de personas físicas. Se entenderá cumplida esta obligación, a aquellos solicitantes que autoricen la comprobación de sus datos, en cumplimiento de las exigencias que dispone la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de carácter personal.

b) Cuando los solicitantes sean entidades públicas, personas jurídicas, comunidades de bienes o cualquier otro tipo de unidad económica o patrimonio separado, poder suficiente que acredite la representación, y copia del CIF, salvo que hayan solicitado ayudas con anterioridad, en cuyo caso, la acreditación de su identidad se realizará de oficio mediante la comprobación del Código de Identificación Fiscal del solicitante en la aplicación del Sistema Informático de Gestión Presupuestaria, Contable y de Tesorería de la Junta de Andalucía, Sistema Integrado Júpiter.

c) Fichero en formato *.shp de los recintos SIGPAC sobre los que se pretende realizar la forestación, obtenido con el Delimitador Gráfico disponible en las Entidades Colaboradoras, y Delegaciones Provinciales de Agricultura y Pesca, descritas en el artículo 21 de la presente Orden, quedando bajo la responsabilidad del declarante la delimitación efectuada. En dicho fichero se determinará el orden de prioridad de las parcelas solicitadas.

3. La documentación general que, según el tipo de solicitante, se establece en el Anexo VIII de la presente Orden, será aportada con posterioridad, en su caso, cuando sea requerida expresamente por la Administración.

Artículo 23. Tramitación y procedimiento de concesión.

1. La concesión de las ayudas previstas en la presente Orden se efectuará en régimen de concurrencia competitiva, según el cual la concesión de las subvenciones se realiza mediante la comparación de las solicitudes presentadas, a fin de establecer una prelación entre las mismas de acuerdo con los criterios de valoración fijados en el artículo 24 de la presente Orden, y adjudicar con el límite fijado según el crédito disponible, aquellas que hayan obtenido mayor valoración en aplicación de los criterios citados, todo ello de conformidad con lo establecido en el artículo 22.1 de la Ley 38/2003, de 17 de noviembre, General de Subvenciones.

2. Finalizado el plazo de presentación de solicitudes, la Delegación Provincial de Agricultura y Pesca que corresponda, como órgano instructor del procedimiento, revisará las solicitudes de ayuda en sus aspectos administrativos y técnicos; si éstas adolecieran de defectos o resultasen incompletas, se requerirá al solicitante para que en un plazo de diez días subsane la falta o acompañe los documentos básicos preceptivos relacionados en el punto 1 del Anexo VIII de la presente Orden, con indicación de que, si así no lo hiciera, se le tendrá por desistido de su petición, archivándose la misma previa notificación al interesado.

3. Para aquellas superficies que hayan superado los cruces informáticos y las comprobaciones técnicas necesarias para la correcta gestión de la ayuda (cotos de caza mayor, Espacios Naturales Protegidos, usos SIGPAC, pendientes SIGPAC, Sistema Integrado de ayudas, cese anticipado de la actividad, etc.), se requerirá la documentación general recogida en el punto 2 del Anexo VIII de la presente Orden. En este supuesto, la documentación deberá ser aportada por el interesado en el plazo de 15 días, a contar desde el día siguiente a la notificación del requerimiento. La no aportación de la referida documentación podrá dar lugar a la denegación de la ayuda.

4. Las Delegaciones Provinciales de la Consejería de Agricultura y Pesca emitirán, previo a la aprobación de la ayuda, el correspondiente informe técnico de campo de cada expediente, donde se reflejarán las características de las parcelas objeto de forestación, así como la correcta adecuación de los trabajos solicitados.

5. Entre todos los expedientes admitidos, la Dirección General de Fondos Agrarios realizará la priorización a que se refiere el párrafo primero de este artículo, obteniéndose un listado provisional de beneficiarios. Dicho listado contendrá los datos personales del solicitante, la superficie aprobada, el importe aprobado de los costes de implantación, así como las cuantías de la prima de mantenimiento y/o compensatoria que anualmente correspondan. En el listado, aparecerán aquellos solicitantes que una vez priorizados agoten la reserva presupuestaria que pueda comprometerse en ese ejercicio.

6. Por Resolución de la Dirección General de Fondos Agrarios se hará público el listado provisional de beneficiarios; dicha Resolución será publicada en el Boletín Oficial de la Junta de Andalucía y en ella se indicarán los lugares en los que se encontrará expuesto el listado durante un plazo de diez días a contar desde el día siguiente al de su publicación. En dicho plazo, los interesados podrán examinar el expediente y presentar las alegaciones que consideren oportunas.

7. Transcurrido el plazo de audiencia previsto en el apartado anterior y vistas las alegaciones, la Delegación Provincial redactará la correspondiente propuesta de resolución.

Artículo 24. Priorización.

1. Cuando las solicitudes presentadas superen la dotación presupuestaria que anualmente se destine a estas ayudas, se concederán las primeras cincuenta hectáreas por solicitante y año, aplicando los siguientes criterios de prioridad:

a) Explotaciones situadas en Zonas de la Red Natura 2000. Se aplicará el valor porcentual con dos decimales más 5 puntos.

b) Explotaciones que tengan mayor porcentaje de su superficie total localizadas en términos municipales con dificultades naturales: zonas con dificultades naturales de montaña u otras zonas con dificultades distintas a las de montaña. Los términos municipales de las zonas anteriormente citadas se relacionan en el Anexo III de la presente Orden. Se aplicará el valor porcentual con dos decimales más 5 puntos.

c) Explotaciones que tengan mayor porcentaje de su superficie total localizadas en las zonas de distribución del lince ibérico (*Lynx pardinus*) que se relacionan en el Anexo IX de la presente Orden. Se aplicará el valor porcentual con dos decimales más 4 puntos.

d) Aprovechamiento de la superficie objeto de forestación:

1. Tierras ocupadas por cultivos herbáceos, huertas y leñosos: 3 puntos.

2. Pastizales: 2 puntos.

3. Barbechos (con turno de rotación cada 4 años): 1 punto.

e) Agricultor/a a título principal 6 puntos, Agricultor/a profesional 5 puntos y Joven Agricultor/a incorporado 4 puntos.

f) Explotaciones cuyo titular sea mujer: 1 punto.

g) Mayor porcentaje de renta procedente de la actividad agraria.

2. Superadas las primeras cincuenta hectáreas, y hasta agotar el límite de disponibilidad presupuestaria, se volverá a priorizar la superficie restante, con los mismos criterios establecidos en el punto uno del presente artículo.

Artículo 25. Resolución.

1. Se delega en la persona titular de la Dirección General de Fondos Agrarios la competencia para la resolución de las ayudas reguladas en la presente Orden, debiendo hacerse constar esta circunstancia en las resoluciones que se adopten.

La resolución, deberá contener los menciones mínimas previstas en el artículo 13.2 del Decreto 254/2001, de 26 de noviembre, por el que se regulan los procedimientos para la concesión de subvenciones y ayudas públicas por la Administración de la Junta de Andalucía y sus Organismos Autónomos y su régimen jurídico, y recogerá expresamente que las

ayudas se subvencionan en virtud del Programa de Desarrollo Rural de Andalucía 2007-2013, dentro del Eje 2 como la medida 221, cofinanciado por el FEADER, el Ministerio de Medio Ambiente, del Medio Rural y Marino, y la Junta de Andalucía, y deberá especificar el desglose de la ayuda en función de los porcentajes de cofinanciación establecidos.

2. Una vez dictada la Resolución, será notificada a los interesados en la forma legalmente establecida en los artículos 58, 59 y 60 de la Ley 30/1992, de 26 de noviembre, de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común.

3. En las resoluciones de concesión de ayudas quedarán claramente identificados los compromisos asumidos por los beneficiarios, e irán acompañadas de las condiciones técnicas particulares tendentes al buen fin de los objetivos de las forestaciones y de salida gráfica consistente en ortofotografía definiendo la superficie aprobada con las referencias SIGPAC de los recintos aprobados. Igualmente se suministrará fichero gráfico y alfanumérico de dicha superficie para su posterior replanteo en campo. Se indicarán las coordenadas UTM de una serie de puntos estratégicos para el correcto replanteo de la zona de actuación.

4. El plazo máximo para dictar y notificar la Resolución se establece en seis meses, contados a partir del día siguiente al de la finalización del plazo de presentación de las solicitudes.

Transcurrido el citado plazo sin que se haya notificado la Resolución, se podrá entender desestimada la solicitud de ayuda, de acuerdo con el artículo 31.4 de la Ley 3/2004, de 28 de diciembre, de Medidas Tributarias, Administrativas y Financieras por la que se establece en la Comunidad Autónoma de Andalucía, el sentido del silencio administrativo y los plazos de determinados procedimientos como garantías procedimentales de los ciudadanos.

Artículo 26. Aceptación de compromisos y condiciones técnicas.

1. Notificada la Resolución de concesión al interesado, éste dispondrá de un plazo de 15 días a contar desde el día siguiente al de la notificación para suscribir y aceptar las «condiciones técnicas de concesión». De la aceptación quedará constancia en el expediente.

2. La falta de aceptación expresa prevista en el apartado anterior conllevará la pérdida de eficacia de la citada resolución, a tenor de lo dispuesto en el artículo 13 del Decreto 254/2001, de 20 de noviembre que aprueba el Reglamento por el que se regulan los procedimientos para la concesión de subvenciones y ayudas públicas por la Administración de la Junta de Andalucía y sus Organismos Autónomos, acordándose el archivo de las actuaciones realizadas mediante resolución debidamente notificada.

Artículo 27. Recursos.

Contra la Resolución de las ayudas, que pone fin a la vía administrativa, o producido el silencio administrativo en los términos previstos en el apartado 4 del artículo 25 de la presente Orden, podrá interponerse recurso potestativo de reposición ante la Dirección General de Fondos Agrarios, en el plazo de un mes, contado a partir del día siguiente a aquel en que tenga lugar la notificación de la resolución, o interponer directamente recurso contencioso-administrativo ante los órganos judiciales de este orden, en el plazo de dos meses, contados desde el día siguiente a aquel en que tenga lugar la notificación de la resolución, todo ello de conformidad con lo establecido en los artículos 116 y 117 de la Ley 30/1992, de 26 de noviembre, de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común, y el 46.1 de la Ley 29/1998, de 13 de julio, reguladora de la Jurisdicción Contencioso-Administrativa.

Artículo 28. Pago de las ayudas.

1. El pago de las diferentes ayudas se realizará mediante transferencia bancaria a la cuenta que a tal efecto se haya designado, de la cuál deberá ser titular el beneficiario. El número de cuenta será actualizado por el titular cada año.

2. El pago estará condicionado a la efectiva realización de los trabajos de forestación y al mantenimiento de la repoblación por parte del beneficiario durante los 15 años de compromisos, en los términos establecidos en la presente orden. A tal efecto, previa comunicación de finalización de los trabajos o solicitud de pago de prima de mantenimiento y/o compensatoria por el beneficiario, se expedirán, si procede, las correspondientes certificaciones y/o propuestas de pago que acrediten dichos extremos.

3. Podrán realizarse pagos parciales en el supuesto establecido en el apartado 3 del artículo 34 de la presente Orden.

4. Los beneficiarios de las ayudas, con carácter previo al cobro de las mismas, deberán estar al corriente de sus obligaciones fiscales con la Hacienda de la Comunidad Autónoma de Andalucía, así como que no es deudor de la misma por cualquier otro ingreso de derecho público.

5. Los beneficiarios, podrán establecer Comisiones de Cobranza o Poder de Cobro a favor de terceras personas, siempre y cuando así lo comunique a la Consejería de Agricultura y Pesca. Deberá formalizarse ante notario, definiendo las condiciones en las que se establece, indicando expresamente el plazo de duración, identificación completa del expediente administrativo, datos del tercero en quien se delega el cobro y cuenta bancaria a efectos de ingreso, debiendo acompañarse de certificado bancario actualizado.

Las cantidades que pueden incluirse en dicha Comisión de Cobranza podrán ser:

a) El importe completo de los gastos de forestación que resulten de la certificación total o parcial de la obra.

b) El importe completo de una anualidad de certificación de prima de mantenimiento y/o compensatoria, no admitiéndose cuantías parciales.

Artículo 29. Obligaciones de los beneficiarios.

1. Los beneficiarios de las ayudas reguladas en la presente Orden estarán sometidos, a las obligaciones establecidas con carácter general para los beneficiarios de subvenciones en el artículo 14 de la Ley 38/2003, de 17 de noviembre, General de Subvenciones y en el artículo 105 de la Ley 5/1983 de 19 de julio, General de la Hacienda Pública de la Comunidad Autónoma de Andalucía, y concretamente a las siguientes:

a) Cumplir el objetivo, ejecutar el proyecto, realizar la actividad o adoptar el comportamiento que fundamenta la concesión de las subvenciones, en la forma y plazo establecidos.

b) Justificar ante el órgano concedente o la entidad colaboradora, en su caso, el cumplimiento de los requisitos y condiciones, así como la realización de la actividad y el cumplimiento de la finalidad que determinen la concesión o disfrute de la subvención.

c) Someterse a las actuaciones de comprobación, a efectuar por el órgano concedente o la entidad colaboradora, en su caso, así como cualesquiera otras de comprobación y control financiero que puedan realizar los órganos de control competentes, tanto autonómicos, nacionales como comunitarios, aportando cuanta información le sea requerida en el ejercicio de las actuaciones anteriores.

d) Obligación del beneficiario de facilitar cuanta información le sea requerida por el Tribunal de Cuentas, la Cámara de Cuentas de Andalucía y la Intervención General de la Junta de Andalucía.

e) Comunicar a la entidad concedente o la entidad colaboradora, en su caso, la obtención de otras ayudas, ingresos o recursos para la misma finalidad, procedentes de cualesquiera Administraciones o entes públicos o privados, nacionales o in-

ternacionales, así como de toda alteración de las condiciones tenidas en cuenta para la concesión de la subvención.

Esta comunicación deberá efectuarse tan pronto como se conozca y, en todo caso, con anterioridad a la justificación de la aplicación dada a los fondos percibidos.

f) Disponer de los libros contables, registros diligenciados y demás documentos debidamente auditados en los términos exigidos por la legislación mercantil y sectorial aplicable al beneficiario en cada caso, así como cuantos estados contables y registros específicos sean exigidos por las bases reguladoras de las subvenciones, con la finalidad de garantizar el adecuado ejercicio de las facultades de comprobación y control.

g) Conservar los documentos justificativos de la aplicación de los fondos recibidos, incluidos los documentos electrónicos, en tanto puedan ser objeto de las actuaciones de comprobación y control.

h) Los beneficiarios deberán dar la adecuada publicidad del carácter público de la financiación de programas, actividades, inversiones o actuaciones de cualquier tipo que sean objeto de subvención, en los términos reglamentariamente establecidos.

i) Proceder al reintegro de los fondos percibidos en los supuestos contemplados en el artículo 37 de la Ley 38/2003, de 17 de noviembre, General de Subvenciones.

2. Con carácter específico, los beneficiarios de las ayudas reguladas en la presente Orden estarán sometidos, a las siguientes obligaciones:

a) Formalizar, suscribir y cumplir los compromisos y condiciones técnicas a que se refiere el artículo 26 de esta Orden.

b) Obligatoriedad de comunicar todos los cambios de domicilio a efecto de notificaciones durante el periodo en que la ayuda sea reglamentariamente susceptible de control, mediante el modelo del Anexo X de esta Orden.

c) En los casos en los que el solicitante acredite la titularidad de la explotación mediante contrato de arrendamiento o cesión, la duración de los mismos deberá asegurar el cumplimiento de los compromisos adquiridos en el programa de forestación de tierras agrarias por la totalidad de años de vigencia del expediente, hasta la finalización de dichos compromisos. El incumplimiento de este requisito será causa de denegación de la ayuda.

d) Los contratos deberán liquidarse ante Hacienda Autónoma del Impuesto de Transmisiones Patrimoniales y Actos Jurídicos Documentados.

e) Sobre las superficies certificadas, no se podrá solicitar ni autorizar su inclusión en cotos de caza mayor.

f) De conformidad con lo dispuesto en el artículo 58.3 y en el punto 2.2 del Anexo VI del R (CE) 1974/2006, de la Comisión, de 15 de diciembre, cuando una operación perteneciente a un programa de desarrollo rural dé lugar a una inversión cuyo coste total supere los 50.000 euros, el beneficiario colocará una placa explicativa, con el siguiente contenido: la bandera europea, y una explicación del papel desempeñado por la Comunidad a través del siguiente lema:

«Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural: Europa invierte en las zonas rurales».

Artículo 30. Publicidad de las subvenciones concedidas.

1. Las subvenciones concedidas serán publicadas en el Boletín Oficial de la Junta de Andalucía, conforme a lo establecido en el artículo 109 de la Ley 5/1983, de 19 de julio, General de la Hacienda Pública de la Comunidad Autónoma de Andalucía.

2. Los beneficiarios podrán dirigirse a la página web de la Autoridad de Gestión (www.ceh.junta-andalucia.es) para el conocimiento de las medidas y requisitos de publicidad, conforme al Anexo VI del Reglamento (CE) 1974/2006.

Artículo 31. Alteración de las condiciones.

Toda alteración de las condiciones tenidas en cuenta para la concesión de la subvención y, en todo caso, la obtención concurrente de subvenciones o ayudas otorgadas por otras Administraciones o entes públicos o privados, nacionales o internacionales, podrá dar lugar a la modificación de la resolución de concesión.

Artículo 32. Condicionalidad

Las personas beneficiarias de las ayudas establecidas en la presente Orden, y de acuerdo con lo establecido en el artículo 50 bis y 51 del Reglamento (CE) núm. 1698/2005, modificado por el Reglamento (CE) 74/2009, así como lo establecido en el artículo 19 del Reglamento (CE) núm. 1975/2006, que no cumplan en toda la explotación con los requisitos obligatorios en materia de condicionalidad establecidos en los artículos 5 y 6 del Reglamento (CE) núm. 73/2009, de 19 de enero de 2009, que deroga el Reglamento (CE) 1782/3003, se les aplicará el régimen de reducciones y exclusiones establecidos en apartado 4 del artículo 51 del Reglamento (CE) núm. 1698/2005.

CAPÍTULO V

Seguimiento y Control

Artículo 33. Plazos de ejecución de los trabajos de establecimiento de la plantación.

1. Los trabajos podrán iniciarse por el solicitante tras la publicación del listado provisional al que se refiere el artículo 23.4 de esta Orden, entendiéndose que lo hace bajo su entera y única responsabilidad, pues la inclusión en dicho listado provisional no lleva implícito el reconocimiento de ningún tipo de derecho.

En cualquier caso, una vez iniciados los trabajos, éstos deben comunicarse, mediante el modelo incluido en el Anexo X, a la Delegación Provincial correspondiente, por si la Administración estima conveniente comprobar la correcta realización de los mismos.

Del mismo modo, deberán comunicarse, mediante el modelo incluido en el Anexo X, la recepción de las plantas de vivero una vez estén disponibles en la explotación objeto de forestación, para proceder a una posible comprobación de las mismas por la Administración.

2. Para la ejecución de los trabajos de forestación aprobados en una anualidad presupuestaria, el beneficiario dispondrá de un plazo máximo hasta el 30 de noviembre del año siguiente.

3. Podrá ser solicitada prórroga para la ejecución de los trabajos como mínimo dos meses antes de la finalización del plazo establecido en el apartado anterior. Dicha prórroga sólo podrá acordarse con carácter excepcional por la Delegación Provincial correspondiente, sin que su duración sea superior a cuatro meses.

Transcurrido dicho período de prórroga, y si por el beneficiario no se comunica la finalización de los trabajos de forestación, se iniciará el correspondiente procedimiento dejando sin efectos las ayudas concedidas.

Excepcionalmente, la persona titular de la Dirección General de Fondos Agrarios, podrá acordar una prórroga adicional en casos debidamente justificados.

Artículo 34. Certificaciones acreditativas de los trabajos de establecimiento de la plantación.

1. Realizados los trabajos de forestación por el beneficiario, y para proceder a la certificación de los mismos, éste deberá:

a) Comunicar fidedignamente, según el modelo del Anexo X, la terminación de los mismos a la correspondiente Delegación Provincial.

b) Presentar una medición final, según se establece en el artículo 37 de esta Orden.

También será obligatoria dicha medición en el caso de una certificación parcial de más del 50% de la superficie aprobada mediante Resolución de concesión.

c) Presentar el correspondiente pasaporte fitosanitario, la factura de las plantas y un certificado del vivero comercial en el que aparezcan los registros de procedencia de la semilla, registros fitosanitarios y caracterización del cultivo.

d) Definir físicamente sobre el terreno el perímetro de la parcela forestada mediante el empleo de elementos de señalización tales como estacas, banderolas, piedras pintadas, u otros elementos de señalización que permitan la delimitación de la superficie.

2. La superficie del fichero aportado por el interesado, será objeto de verificación por la Administración, obteniéndose la superficie coincidente con respecto a la aprobada. La Delegación Provincial comprobará dicha superficie coincidente, mediante visita técnica e informe de campo, si los trabajos se adecuan a la Resolución de Concesión y a las condiciones técnicas generales y específicas de otorgamiento de las ayudas. En caso afirmativo, emitirá certificación acreditativa de los trabajos realizados, que contendrá los costes de implantación y en su caso la primera prima compensatoria de rentas.

3. En el supuesto de que el informe de campo sea negativo, se notificará dicha circunstancia al beneficiario, con objeto de que proceda a la subsanación de las incidencias advertidas que impiden la certificación de la obra. En caso de no subsanación de las mismas, en el plazo que se establezca para ello, se procederá a dejar sin efecto las ayudas concedidas y al archivo del expediente.

4. Se podrán emitir dos certificaciones parciales de obra durante el plazo de ejecución de los trabajos establecidos en el artículo anterior, la última de las cuales acreditará la finalización de los trabajos.

En la primera certificación parcial de obra no podrán certificarse primas compensatorias de renta.

En el caso de que la certificación final fuera con variación, y ésta afectara a la superficie inicialmente aprobada, se procederá a la revisión de la cuantía de la ayuda concedida y a la modificación de la Resolución de Concesión.

5. En el caso de forestación por el método de siembra, la certificación que acredite la realización de los trabajos se emitirá, una vez que las semillas hayan germinado y sean observables las plántulas sobre el terreno.

6. Previa a la certificación, la Delegación Provincial podrá exigir a los beneficiarios la presentación de cualquier documento, plano acotado o nueva medición que sirvan para la correcta determinación de los trabajos realizados.

7. La Delegación Provincial podrá exigir la presentación de los justificantes de gastos de los trabajos realizados.

8. En aquellos casos en que un mismo titular tenga expedientes de forestación de años distintos y cuando las parcelas forestadas sean continuas, deberá existir una correcta delimitación sobre el terreno, pudiendo utilizar para ello estacas, banderolas, piedras pintadas u otro elemento de señalización que ayude a la correcta delimitación de las superficies. El incumplimiento de esta obligación dará lugar a la paralización de certificaciones futuras, hasta tanto se regularice la situación.

Artículo 35. Plazos de ejecución y certificación de las primas de mantenimiento.

Una vez finalizados los trabajos de establecimiento de la plantación, y durante cinco anualidades consecutivas, los beneficiarios deberán realizar las labores y gestiones necesarias para poder percibir las primas de mantenimiento, consistentes en:

a) Realizar las correspondientes labores de mantenimiento que procedan, desde el otoño del año anterior hasta el

30 de mayo del año de presentación de la solicitud de pago de prima de mantenimiento.

El mantenimiento anual consistirá en: reposición de maderas manteniendo al menos la densidad de plantas vivas exigidas para cada tipo de especie según lo establecido en el Anexo VI de la presente Orden, y en su caso, gradeos, binas, podas, aporcados, riegos de apoyo, tratamientos fitosanitarios, reposición y colocación de protectores, y otros que garanticen el buen estado y desarrollo de la plantación.

El personal técnico competente de la Administración, podrá indicar al beneficiario los trabajos de mantenimiento que consideren necesarios para el buen desarrollo de la forestación. Dichos trabajos serán de obligada ejecución por los beneficiarios.

b) Comunicar a la Delegación Provincial correspondiente la ejecución de lo previsto en el apartado a) anterior mediante el impreso y plazo que se establezca en la norma reguladora anual de los regímenes de ayudas comunitarias a la agricultura, y la ganadería, las ayudas destinadas a indemnizar las dificultades naturales en zonas de montaña y en otras zonas distintas a las de montaña, del régimen de ayudas agroambientales, y a la forestación de tierras agrícolas, es decir, en la Solicitud Única.

La presentación de la solicitud de pago, se efectuará independientemente de que los trabajos de mantenimiento de su plantación estén o no efectuados en dicha fecha, de forma que en la solicitud indicará los trabajos ejecutados y los pendientes de realización.

No obstante, este plazo podrá ser modificado por la Dirección General de Fondos Agrarios, cuando por causas climáticas, falta de suministro de planta u otras causas debidamente justificadas, así lo aconsejen.

Artículo 36. Plazos de ejecución y certificación de las primas compensatorias.

1. La primera anualidad de prima compensatoria se certificará conjuntamente con la certificación final de obra, tal y como se indica en el artículo 34.2 de esta Orden, excepto que por el órgano gestor se compruebe, que con posterioridad a la fecha de comunicación de inicio de los trabajos de implantación, se haya declarado en la Solicitud Única otro cultivo, en cuyo caso no se certificará la primera prima compensatoria junto con la obra, sino con la primera prima de mantenimiento.

2. En anualidades posteriores, será necesario presentar la solicitud de pago anual de primas compensatorias, que vendrá recogida en el impreso y plazo que se establezca en la norma reguladora anual de los regímenes de ayudas comunitarias a la agricultura, y la ganadería, las ayudas destinadas a indemnizar las dificultades naturales en zonas de montaña y en otras zonas distintas a las de montaña, del régimen de ayudas agroambientales, y a la forestación de tierras agrícolas, es decir, en la Solicitud Única.

3. Desde la segunda hasta la sexta anualidad, se emitirá certificación de prima compensatoria junto con las primas de mantenimiento, salvo la excepción recogida en el apartado 1 del presente artículo.

4. Las densidades mínimas exigibles para proceder a la certificación de las primas compensatorias una vez superados los 5 mantenimientos vienen establecidas en el Anexo VII de la presente Orden.

Artículo 37. Medición de superficies forestadas.

1. Los beneficiarios, una vez ejecutados los trabajos de implantación y previa a la correspondiente certificación final de obras, deberán presentar medición de la superficie objeto

de forestación mediante levantamiento topográfico o mediante GPS, que deberá cumplir las siguientes características:

a) Se aportará original y copia de plano a Escala 1/10.000, realizado mediante levantamiento topográfico o medición GPS firmada por técnico competente y visada por el Colegio Oficial correspondiente. Se adjuntará certificado emitido por el técnico que realice la medición según modelo que figura en el Anexo XI de esta Orden.

b) Dicho plano recogerá la zona de actuación de la forestación, y se diferenciará claramente entre la superficie útil de forestación y superficie no forestada, asignándose a esta última alguna característica (sombreado o color) que permita distinguirla del resto de la superficie debiendo identificarlas con las exclusiones descritas en el artículo 5.

Estas dos superficies deben quedar recogidas y bien diferenciadas en el plano que se aporte.

2. Se aportará el fichero gráfico resultante de la medición que debe cumplir las siguientes características:

a) Los ficheros deberán tener las extensiones (*.dwg, *.dxf, *.dgn o *.shp), generadas mediante medición topográfica (estación total o GPS).

b) Deberá tener topología de polígono o de polilínea cerrada.

c) Comprenderá el perímetro/s de la zona/s de actuación así como los perímetros de las zonas no forestadas identificadas con las exclusiones descritas en el artículo 5 de la presente Orden.

d) Los ficheros deberán estar georreferenciados al Huso 30. En Huelva podrán georreferenciarse al Huso 29.

e) Listado de las coordenadas UTM (Huso 30) de los puntos que definen cada perímetro, en formato digital (*.dwg, *.xls, *.txt, *.dbf, ó *.mdb) y papel (Plano) de actuación diferenciando las zonas a Forestar y las Exclusiones, sobre el Mapa Topográfico de Andalucía escala 1/10.000.

3. En aquellos casos en que un mismo titular tenga expedientes de forestación de años distintos y cuando las parcelas forestadas sean continuas, deberá aportar un plano único de la superficie total forestada, debiendo indicarse y distinguirse la superficie que corresponde a cada expediente de ayuda, expresando claramente los límites entre las parcelas.

4. La certificación de los trabajos estará condicionada a la estricta y correcta aplicación y cumplimiento de lo establecido en este artículo.

Artículo 38. Subrogación.

1. Si durante el periodo de cumplimiento de los compromisos, el beneficiario de la ayuda, transfiere total o parcialmente su explotación a un tercero, éste podrá asumir los compromisos adquiridos durante el tiempo que reste, siempre que el nuevo titular cumpla las condiciones y requisitos que fundamentaron la concesión de la subvención.

2. Cuando el cambio de titularidad se produzca por la compra-venta, arrendamiento o cesión de las tierras, se exigirá haber certificado al menos tres mantenimientos de la plantación.

3. En los casos en los que la subrogación se produzca por arrendamiento o cesión, la duración de los mismos deberá asegurar el cumplimiento de los compromisos por el resto de años de vigencia del expediente.

4. En los documentos que acrediten los cambios de titularidad (transmisiones) de los terrenos en los que están incluidos estos expedientes de forestación, deberá constar la existencia expresa de la forestación, con identificación del expediente administrativo que contiene la ayuda, así como, en su caso, la aceptación expresa del nuevo titular de los compromisos del mismo.

5. Una vez asumidos de forma expresa los compromisos, el nuevo titular de las ayudas, tendrá los mismos derechos y deberá cumplir las obligaciones contraídas por el anterior titular ante la Administración, establecidas en el artículo 29 de la presente Orden.

6. El beneficiario que transmite la explotación, o sus herederos en el supuesto de fallecimiento, estarán obligados a comunicar a la Delegación Provincial correspondiente el cambio de titularidad de la explotación, en un plazo que no podrá superar la fecha límite de presentación de solicitud anual de las correspondientes solicitudes de pago, debiendo aportar documentación fehaciente acreditativa de los hechos.

7. El nuevo titular deberá solicitar la subrogación ante la Administración junto con la Solicitud Única, en la forma y plazos que se establezca en la norma reguladora anual de los regímenes de ayudas comunitarias a la agricultura, y la ganadería, las ayudas destinadas a indemnizar las dificultades naturales en zonas de montaña y en otras zonas distintas a las de montaña, del régimen de ayudas agroambientales, y a la forestación de tierras agrícolas.

La Dirección General de Fondos Agrarios tendrá un plazo máximo de seis meses desde la fecha de la solicitud para resolver la subrogación a la ayuda, que de no ser resuelta en dicho plazo deberá entenderse denegada a efectos de poder interponer los correspondientes recursos.

8. Contra la Resolución de subrogación, que pone fin a la vía administrativa, o producido el silencio administrativo en los términos previstos en el apartado 4 del artículo 25 de la presente Orden, podrá interponerse recurso potestativo de reposición ante la Dirección General de Fondos Agrarios, en el plazo de un mes, contado a partir del día siguiente a aquel en que tenga lugar la notificación de la resolución, o interponer directamente recurso contencioso-administrativo ante los órganos judiciales de este orden, en el plazo de dos meses, contados desde el día siguiente a aquel en que tenga lugar la notificación de la resolución, todo ello de conformidad con lo establecido en los artículos 116 y 117 de la Ley 30/1992, de 26 de noviembre, de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común, y el 46.1 de la Ley 29/1998, de 13 de julio, reguladora de la Jurisdicción Contencioso-Administrativa.

9. Si como consecuencia del fallecimiento del titular, uno o varios expedientes quedan afectos a varios herederos con motivo de la partición de la herencia, se podrán admitir subrogaciones parciales a favor de cada uno de ellos, una vez acreditada dicha condición.

10. Se establece una superficie mínima transmisible de 20 ha. a efectos de subrogación. En aquellos expedientes cuya superficie sea inferior a 20 ha. la subrogación tendrá carácter excepcional, debiendo ser autorizada por la Dirección General de Fondos Agrarios.

La superficie mínima establecida en este apartado no será de aplicación en los siguientes supuestos:

a) Cuando el cambio de titularidad se produzca por el fallecimiento del titular.

b) En supuestos de división de la finca por resolución judicial firme.

Artículo 39. Cambio de parcelas de actuación.

1. Una vez concedidas las ayudas a un beneficiario, no se permitirá el cambio de parcelas de actuación, excepto en casos excepcionales y debidamente justificados, previo informe técnico por el órgano gestor competente que ponga de manifiesto la inviabilidad de las plantaciones en dichas parcelas.

2. Los cambios sobre parcelas de actuación deberán ser solicitados con la suficiente antelación para que en el informe técnico que se emita con motivo de la certificación de la prima de mantenimiento y/o compensatoria de esa anualidad, el técnico certifique la nueva parcela de actuación.

3. En estos casos, las cuantías de las ayudas estarán condicionadas a las características de las nuevas parcelas de actuación, no pudiendo dar lugar al incremento de la subvención previamente aprobada. A tal efecto, se dictará resolución modificatoria por parte de la persona titular de la Dirección General de Fondos Agrarios.

Artículo 40. Cambio de especie.

1. Los cambios de especie sobre las inicialmente aprobadas deben ser solicitados por el titular del expediente y aceptados por el órgano gestor competente.

2. El órgano gestor competente, a solicitud del interesado, podrá autorizar el empleo de especies arbustivas para reposición de marras sobre plantaciones que fueron creadas exclusivamente con especies arbóreas, cuando la plantación presente problemas de viabilidad. En la solicitud deberá justificarse esta circunstancia.

Artículo 41. Controles.

1. Anualmente la Dirección General de Fondos Agrarios elaborará un plan de controles, ajustado al Plan Nacional y de acuerdo con lo establecido en el Reglamento (CE) 1975/2006, de la Comisión, de 7 de diciembre de 2006.

2. De las solicitudes de ayudas:

2.1. Todos los expedientes de ayuda serán sometidos a controles administrativos y de campo previos a su aprobación.

2.2. Para la certificación de los trabajos de forestación ejecutados, todos los expedientes serán sometidos a control de campo.

3. De las solicitudes anuales de pago:

3.1. Durante los cinco años de prima de mantenimiento, se efectuarán controles aleatorios y dirigidos en al menos el 5% del total de expedientes que pueden optar a la ayuda como consecuencia de los controles administrativos.

3.2. Para la prima compensatoria, los controles de campo, aleatorios y dirigidos de los aceptados tras los controles administrativos, será de al menos el 2,5% de los beneficiarios que hayan cumplido los primeros 5 años de compromisos de dicha ayuda y, de al menos el 5% del resto.

CAPÍTULO VI

Régimen de Incumplimiento y Reintegro

Artículo 42. Incumplimientos.

Del pastoreo.

1. La entrada de ganado sin la preceptiva autorización, a que se refiere el artículo 15.6 de esta Orden, se penalizará, además de la obligación de reponer las plantas dañadas:

a) Si se produce durante el transcurso de los 5 primeros años posteriores a la plantación, con la pérdida de la prima de mantenimiento y compensación de rentas de esa anualidad.

b) Si se produce con posterioridad a la certificación de las primas de mantenimiento, con la pérdida de la prima compensatoria de esa anualidad

2. Habiendo obtenido la autorización preceptiva, de observarse daños en las plantas por un mal manejo del ganado, se producirá la pérdida de la prima compensatoria de esa anualidad, previo informe del técnico competente de la Delegación Provincial donde así se determine, estableciéndose la obligación de reponer las plantas dañadas.

De los cambios de parcela y/o especie.

3. Cuando se realicen por el beneficiario cambios de parcela de actuación y/o cambios de especie, sin ajustarse a lo establecido en los artículos 39 y 40 de esta Orden, se penalizará al titular con una reducción de la ayuda por la superficie forestada con la especie o parcela no aprobada, además de otras posibles medidas que la Administración decida tomar en función de la gravedad de dichos incumplimientos.

De los cambios de titularidad.

4. En los cambios de titularidad que se establecen en el artículo 38 de esta Orden, si el tercero adquirente no asumiera los compromisos por el tiempo que reste, el beneficiario original estará obligado a reembolsar todas las ayudas percibidas hasta ese momento incrementadas con los intereses legales de demora, excepto en caso de fallecimiento del beneficiario u otra causa de fuerza mayor, en cuyo caso deberá ser comunicada dicha causa en la forma y plazos establecidos en el artículo 44 de la presente Orden.

Sin perjuicio de lo dispuesto en el párrafo anterior, tampoco se exigirá el reembolso contemplado en el párrafo anterior, si, en caso de cese definitivo de las actividades agrarias por parte de un beneficiario que haya cumplido ocho años de los compromisos, la asunción del compromiso por el sucesor no resulta factible.

5. Cuando se incumpla la obligación de comunicación a la Administración establecida en el artículo 38.5 de la presente Orden, el titular cedente de la explotación estará obligado a devolver junto con sus intereses la prima/s cobrada de forma indebida sin ser ya titular de las ayudas.

6. Si el nuevo titular de las ayudas no solicitara la subrogación ante la Administración, en la forma y plazos establecidos en el artículo 38.6 de esta Orden, se le penalizará con la pérdida de la prima/s durante la anualidad o anualidades en que se produzcan.

De la renuncia a la ayuda.

7. La renuncia total o parcial a la ayuda conllevará la devolución de todas las cantidades percibidas, incrementadas en los intereses de demora correspondientes, desde el momento del cobro de las mismas hasta la fecha en que se dicte la resolución en que se acuerda su devolución.

De la no comunicación en tiempo y forma de la finalización de los trabajos de implantación, solicitud de pago de primas de mantenimiento y/o compensatorias.

8. Transcurrido el plazo de ejecución de los trabajos de establecimiento de la plantación establecidos en el artículo 33 de la presente Orden y agotadas las prórrogas, si el beneficiario no comunica la finalización de los trabajos de forestación en tiempo y forma, se entenderá como no realizada la misma y se iniciará el correspondiente procedimiento dejando sin efecto las ayudas concedidas.

9. La no solicitud de pago de la prima de mantenimiento, o recaída resolución de inadmisión por haber sido presentada fuera de plazo, dará lugar a la pérdida de la anualidad de dicha prima, así como de la prima compensatoria correspondiente a esa anualidad.

La no solicitud de pago de la prima compensatoria, o producida su inadmisión por extemporánea, dará lugar asimismo, a la pérdida de la anualidad de dicha prima compensatoria.

Se exceptúa de los dos párrafos anteriores, la falta de presentación de solicitudes de pago por causas de fuerza mayor, en cuyo caso deberá ser comunicada dicha causa en la forma y plazos establecidos en el artículo 44 de la presente Orden, y solicitado el pago cuando desaparezca la causa de fuerza mayor que motivó la falta de solicitud.

10. Si durante dos anualidades consecutivas no se solicita la certificación de primas de mantenimiento y/o compensatoria, se podrá declarar el abandono de la plantación, previo informe técnico de campo que acredite que, la plantación no cumple con las densidades mínimas exigidas en el Anexo VII, o que no se han efectuado las labores de mantenimiento especificadas en el artículo 35.a) de la presente Orden, procediendo en dicho caso el reintegro en la forma establecida en el artículo 45 de la presente Orden.

De las certificaciones, labores de mantenimiento y densidades mínimas exigidas.

11. Una vez comunicada la finalización de los trabajos de establecimiento, la superficie total o parcial que no supere el informe de certificación de obras por cualquier motivo de los recogidos en esta Orden, incluido el incumplimiento de la den-

idad mínima exigida en su Anexo VI, no tendrá derecho al cobro de las ayudas. Además:

a) Si el incumplimiento fuese total, se iniciará procedimiento que declare la ineficacia de las todas las ayudas concedidas.

b) Si el incumplimiento fuese parcial, se dictará resolución modificatoria que adapte la situación del expediente a las alteraciones sufridas, procediéndose al recálculo de las ayudas.

12. Las primas de mantenimiento podrán certificarse siempre que se hayan efectuado las labores de mantenimiento especificadas en el artículo 35.a) de la presente Orden, y que el porcentaje de marras no supere el 20% de la densidad mínima exigida en el anexo VI de la presente Orden. Superar dicho porcentaje o no realizar las labores de mantenimiento, previo informe de campo negativo que así lo acredite, supondrá la pérdida de la correspondiente anualidad de mantenimiento, pudiendo percibir la prima compensatoria de rentas.

13. No se certificarán las primas compensatorias de rentas, cuando el porcentaje de planta viva no cumpla con la densidad mínima establecida en el Anexo VII de la presente Orden, previo informe de campo negativo.

14. La plantación se considerará abandonada total o parcialmente, si, en el transcurso de los quince años de compromisos, durante dos anualidades consecutivas, se emitiesen informes de campo negativos que dieran lugar a la no certificación de primas de mantenimiento y/o compensatorias, procediendo el reintegro según se dispone en el artículo 45 de la presente Orden.

De las reducciones y exclusiones.

15. A los costes de implantación les serán de aplicación las reducciones y exclusiones recogidas en el artículo 31 del Reglamento (CE) núm. 1975/2006, de 7 de diciembre de la Comisión.

16. A las primas de mantenimiento y primas compensatorias, se les aplicarán, además de las reducciones por presentación tardía de las solicitudes de pago previstas en el artículo 21.3 de la presente Orden, las reducciones y exclusiones relacionadas con la superficie e incumplimiento de otros criterios de admisibilidad según lo dispuesto en los artículos 7, 16, 18, 22 y 24 del Reglamento (CE) 1975/2006, así como las relativas a la condicionalidad, establecidas en el artículo 51 del Reglamento (CE) 1698/2005, modificado por el Reglamento (CE) 74/2009.

Otros incumplimientos.

17. En caso de forestaciones emprendidas por entidades de derecho público, asociaciones y las sociedades participadas en al menos un 50% de capital público, serán objeto de control a partir del tercer año contado desde la fecha de certificación de obra, al objeto de evaluar la densidad de plantas vivas. Si dicha densidad se encontrará por debajo del 50% de la densidad mínima exigida en la presente Orden, se procederá al inicio de procedimiento de reintegro por abandono de la plantación forestal en la forma establecida en el artículo 45 de la presente Orden.

Artículo 43. Incendio o destrucción de la plantación.

En los casos de incendio o destrucción de la plantación por cualquier causa, salvo causas de fuerza mayor, se suspenderán todos los pagos pendientes de la ayuda, hasta que sea restaurada la superficie incendiada o destruida total o parcialmente, sin perjuicio de los compromisos adquiridos y de las responsabilidades que se deriven. Si transcurridos dos años desde que ocurrió el incendio o destrucción de la plantación no se restaurara la superficie forestada, se declarará su abandono definitivo, procediendo el reintegro de las ayudas percibidas, con los intereses legales de demora que correspondan, según lo dispuesto en el artículo 45 de la presente Orden.

Artículo 44 . Causas de fuerza mayor.

1. Cuando el abandono, destrucción o pérdida de la forestación se origine por causas de fuerza mayor, se procederá al archivo del expediente y de los pagos de ayuda pendientes de abono, sin exigir el reintegro de las cantidades percibidas con anterioridad, teniendo en cuenta lo establecido en el artículo 47 del Reglamento (CE) núm. 1974/2006 de la Comisión de 15 de diciembre.

2. Podrán ser reconocidas, en particular, las siguientes categorías de casos de fuerza mayor o circunstancias excepcionales:

- Fallecimiento del beneficiario.
- Incapacidad profesional de larga duración del beneficiario.
- Expropiación de una parte importante de la explotación, si esta expropiación no era previsible el día en que se suscribió el compromiso.
- Catástrofes naturales graves que afecten seriamente a la superficie repoblada.
- Inviabilidad de la forestación por la existencia de: enfermedades, y plagas que afecten totalmente a la forestación.
- Inviabilidad de la plantación por daños cinéticos graves no imputables al interesado.

3. El beneficiario o su derechohabiente notificará por escrito al órgano gestor de las ayudas los casos de fuerza mayor o las circunstancias excepcionales, adjuntando las pruebas pertinentes a satisfacción de dicho órgano, en el plazo de los diez días hábiles siguientes a la fecha en que el beneficiario o su derechohabiente esté en condiciones de hacerlo.

4. En los casos de existencia de las causas de inviabilidad indicadas anteriormente, el beneficiario podrá solicitar al órgano gestor de la ayuda, la declaración de la inviabilidad total o parcial del expediente de ayuda a la forestación de tierras agrícolas, mediante la presentación de Memoria técnica firmada por técnico competente, en la que se indiquen y justifiquen las causas de la inviabilidad, junto con un plano en el que se delimiten con precisión las zonas a declarar inviables.

5. En cualquier momento, el órgano gestor de la ayuda, de oficio, o a instancias del interesado en los términos indicados en el apartado anterior, y realizados los informes y comprobaciones sobre el terreno pertinentes, podrá declarar la inviabilidad total o parcial para percibir la ayuda a la forestación de tierras agrícolas.

Artículo 45. Reintegros.

1. Procederá el reintegro como pagos indebidos, de las cantidades percibidas por los distintos conceptos que se recogen en el artículo 7 de la presente Orden, y la exigencia del interés calculado con arreglo al apartado 2 del presente artículo, además de en los supuestos contemplados en la normativa comunitaria que le sea de aplicación, en los casos establecidos en los artículos 36 y 37 de la Ley la Ley 38/2003 de 17 de noviembre General de Subvenciones, en el artículo 112 de la Ley 5/1983 General de la Hacienda Pública de la Comunidad Autónoma de Andalucía, y en los supuestos recogidos en la presente Orden reguladora de la subvención.

Asimismo se declarará la pérdida del derecho al cobro del resto de las ayudas futuras no devengadas, de conformidad con lo establecido en el párrafo segundo del artículo 34.3 de la Ley 38/2003, General de Subvenciones.

2. De conformidad con lo establecido en el artículo 2 del Reglamento (CE) 1975/2006 de la Comisión, de 7 de diciembre y el artículo 73.3 del Reglamento (CE) 796/2004 de la Comisión, de 21 de abril, que establece disposiciones para la aplicación de la condicionalidad, la modulación y el sistema integrado de gestión y control previstos en Reglamento (CE) núm. 1782/2003, los intereses se calcularán en función de tiempo transcurrido entre la notificación de la obligación de reembolso al interesado y el reembolso o la deducción.

El tipo de interés aplicable en materia de subvenciones será el interés legal del dinero incrementado en un 25%, salvo

que la Ley de Presupuestos Generales del Estado establezca otro diferente, según lo establecido con el artículo 33 de la Ley de Medidas Tributarias, Administrativas y Financieras, Ley 3/2004, de 28 de diciembre.

3. En el supuesto de que el importe de las subvenciones resulte ser de tal cuantía que, aisladamente o en concurrencia con otras subvenciones, ayudas, ingresos o recursos, supere el coste de la actividad subvencionada, procederá el reintegro del exceso obtenido sobre el coste de la actividad subvencionada, así como la exigencia del interés de demora correspondiente.

4. Las cantidades a reintegrar tendrán la consideración de ingresos de derecho público, resultando de aplicación para su cobranza lo previsto en la Ley 5/1983, de 19 de julio, General de la Hacienda Pública de la Comunidad Autónoma de Andalucía. El interés de demora aplicable en materia de subvenciones será el interés legal del dinero incrementado en 25%, salvo que la Ley de Presupuestos Generales del Estado establezca otro diferente.

5. Los procedimientos para la exigencia del reintegro de las subvenciones, tendrán siempre carácter administrativo. La obligación de reintegro es independiente de las sanciones que, en su caso, resulten exigibles.

Artículo 46. Régimen Sancionador.

Las infracciones y sanciones administrativas derivadas de las ayudas reguladas en la presente Orden, así como actuaciones de las Entidades Colaboradoras se regirán por la normativa comunitaria y el Título IV de la Ley 38/2003, de 17 de noviembre, General de Subvenciones.

Artículo 47. Actualización de Primas.

De conformidad con lo dispuesto en el artículo 77 del Real Decreto 887/2006, que aprueba el Reglamento General de Subvenciones, las primas de mantenimiento y compensatorias serán actualizadas anualmente mediante resolución de la persona titular de la Dirección General de Fondos Agrarios, o en su caso, en la Orden reguladora anual de los regímenes de ayudas comunitarias a la agricultura, y la ganadería, las ayudas destinadas a indemnizar las dificultades naturales en zonas de montaña y en otras zonas distintas a las de montaña, del régimen de ayudas agroambientales, y a la forestación de tierras agrícolas, con un incremento que será como mínimo igual al Incremento de los Precios al Consumo General (IPC), que oficialmente quede reconocido.

Disposición Transitoria Primera. Compromisos en vigor aprobados en virtud del Reglamento (CEE) núm. 2080/92, del Consejo, de 30 de junio y el del Reglamento (CE) núm. 1257/1999, del Consejo, de 17 de mayo.

Esta Orden se dicta sin perjuicio de la normativa reguladora de los expedientes de ayudas a la forestación de tierras agrarias y/o agrícolas con compromisos en vigor aprobados en virtud del Reglamento (CEE) núm. 2080/92, del Consejo de 30 de junio y sus normas de desarrollo o transposición: el Real Decreto 152/1996, del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de 21 de febrero, el Decreto 127/1998 de la Consejería de Agricultura y Pesca de 16 de junio, y las Ordenes de la Consejería de Agricultura y Pesca de fechas 27 de julio de 1993, 28 de diciembre de 1995 y de 5 de agosto de 1998, y los aprobados en virtud del Reglamento (CE) núm. 1257/1999, y sus normas de desarrollo y transposición: el Real Decreto 6/2001 del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, el Decreto 31/2005, de la Consejería de Agricultura y Pesca de 8 de febrero, y la Orden de 11 de febrero de

2005, así como sus respectivas modificaciones, los cuales se seguirán rigiendo por la normativa aplicable que corresponda.

Se exceptúan de la normativa que les sería de aplicación, lo regulado en la presente Orden relativo a lugar, plazo y forma de presentación de las solicitudes de pago de primas de mantenimiento y/o compensatoria, que se regirán según establece la siguiente Disposición Transitoria Segunda.

Disposición Transitoria Segunda. Presentación de solicitudes de primas de mantenimiento y compensatorias al amparo de los R (CEE) 2080/1992, de Consejo de 30 de junio y R (CE) 1257/1999, del Consejo de 17 de mayo.

La presentación de solicitudes de pago correspondientes a primas de mantenimiento y/o compensatorias, así como sus posibles subrogaciones, para expedientes aprobados en virtud de los Reglamentos citados, se efectuarán junto con la Solicitud Única, en la forma, lugar y plazos que se establezca en la norma reguladora anual de los regímenes de ayudas comunitarias a la agricultura, y la ganadería, las ayudas destinadas a indemnizar las dificultades naturales en zonas de montaña y en otras zonas distintas a las de montaña, del régimen de ayudas agroambientales, y a la forestación de tierras agrícolas.

Se admitirán solicitudes de pago por costes de mantenimiento y primas compensatorias hasta 25 días naturales siguientes a la finalización del plazo establecido, no siéndoles de aplicación, en cuanto a la ayuda a la forestación, los porcentajes de reducción establecidos en el artículo 21 del Reglamento (CE) 796/2004 de la Comisión. En el caso de que junto con la solicitud única fueran presentadas otras ayudas distintas a la forestación, a éstas si les será de aplicación las reducciones contempladas en el citado Reglamento.

En caso de retraso superior a 25 días naturales, la solicitud se considerará inadmisibles, procediéndose a dictar resolución en este sentido, y el archivo de las actuaciones.

Disposición Adicional Primera. Convocatoria 2009.

Para la campaña 2009 se establece un plazo de presentación de solicitudes de ayudas, a contar desde el día siguiente al de la publicación de la presente Orden en el Boletín Oficial de la Junta de Andalucía (BOJA), hasta el 30 de abril de 2009.

Disposición Adicional Segunda. Determinación de la Renta Agraria.

Para la determinación de la renta agraria a efectos del cálculo de la condición anual de Agricultor, Agricultor Profesional (AP) y/o Agricultor a Título Principal (ATP), se tendrá en cuenta como base para dicho cálculo, la declaración del IRPF o Impuesto de Sociedades más favorable de los tres años anteriores al de la presentación de la solicitud de la ayuda y/o pago.

Disposición Adicional Tercera. Ejecución.

Se autoriza a la persona titular de la Dirección General de Fondos Agrarios para dictar las disposiciones necesarias en ejecución de lo establecido en esta Orden y en particular a los necesarios por su contenido eminentemente técnico.

Disposición Final Única. Entrada en vigor.

La presente Orden entrará en vigor el día siguiente al de su publicación en el Boletín Oficial de la Junta de Andalucía.

Sevilla, 26 de marzo de 2009

MARTÍN SOLER MÁRQUEZ
Consejero de Agricultura y Pesca

ANEXO II

IMPORTES MÁXIMOS APLICABLES A LA PRIMA DE IMPLANTACIÓN

CUADRO 1: IMPORTES MÁXIMOS PARA PLANTACIÓN

(Importes de costes totales de implantación sobre los que se aplicarán los porcentajes contemplados en el artículo 8 de esta Orden)

		Densidad (plantas/ha)	
		400	500
A. FRONDOSAS (MASA PURA Y MEZCLADA)		Euros/ha	
Replanteo de la plantación		6	6
Labores Preparatorias	Pase pleno de grada con tractor agrícola	89	89
	Doble pase de grada con tractor agrícola	167	167
	Subsolado con dos/tres rejones, profundidad > 50 cms.	158	176
	Acaballonado superficial + subsolado	245	275
	Acaballonado con desfonde	140	157
	Apertura mecánica hoyos con barrena helicoidal	428	535
	Apertura hoyos con retroexcavadora	518	647
	Apertura hoyos manual	433	541
Plantación + planta		373	466
Distribución y colocación protectores tubo invernadero con tutor		595	744
Medición GPS		9	9
		Densidad (plantas/ha)	
		700	
B. RESINOSAS (MASA PURA Y MEZCLADA)		Euros/ha	
Replanteo de la plantación		6	
Labores Preparatorias	Pase pleno de grada con tractor agrícola	89	
	Doble pase de grada con tractor agrícola	167	
	Subsolado con dos/tres rejones, profundidad > 50 cms.	209	
	Acaballonado superficial + subsolado	325	
	Acaballonado con desfonde	185	
	Apertura mecánica hoyos con barrena helicoidal	750	
	Apertura hoyos con retroexcavadora	906	
	Apertura hoyos manual	757	
Plantación + planta		491	
Distribución y colocación protectores tubo invernadero con tutor		1.042	
Medición GPS		9	
		Densidad (plantas/ha)	
		550	600
C. MEZCLAS DE FRONDOSAS Y RESINOSAS		Euros/ha	
Replanteo de la plantación		6	6
Labores Preparatorias	Pase pleno de grada con tractor agrícola	89	89
	Doble pase de grada con tractor agrícola	167	167
	Subsolado con dos/tres rejones, profundidad > 50 cms.	185	193
	Acaballonado superficial + subsolado	288	301
	Acaballonado con desfonde	164	172
	Apertura mecánica hoyos con barrena helicoidal	589	643
	Apertura hoyos con retroexcavadora	712	776
	Apertura hoyos manual	595	649
Plantación + planta		455	490
Distribución y colocación protectores tubo invernadero con tutor		818	893
Medición GPS		9	9
		Densidad (plantas/ha)	
		400	
D. OTRAS ESPECIES ARBÓREAS DE ESPECIAL INTERÉS		Euros/ha	
Replanteo de la plantación		6	
Labores Preparatorias	Pase pleno de grada con tractor agrícola	89	
	Doble pase de grada con tractor agrícola	167	
	Subsolado con dos/tres rejones, profundidad > 50 cm.	158	
	Acaballonado superficial + subsolado	245	
	Acaballonado con desfonde	140	
	Apertura mecánica hoyos con barrena helicoidal	428	
	Apertura hoyos con retroexcavadora	518	
	Apertura hoyos manual	433	
Plantación + planta		413	
Distribución y colocación protectores tubo invernadero con tutor		595	
Medición GPS		9	
		Densidad (plantas/ha)	
		5.000	
E. ESPECIES DE CRECIMIENTO RÁPIDO		Euros/ha	
Salix alba Salix fragilis L. densidad 5.000 plantas/ha	Replanteo de la plantación	6	
	Labores Preparatorias	Pase pleno de grada con tractor agrícola	89
		Doble pase de grada con tractor agrícola	167
	Plantación + planta	2.322	
	Medición GPS	9	

CUADRO 2: IMPORTES MÁXIMOS PARA OBRAS COMPLEMENTARIAS A LA PLANTACIÓN	
A. COSTES MÁXIMOS DE LAS UNIDADES	Euros/ud
Malla ganadera altura libre min. 1,5 metros (km.)	5.900
Malla cinegética altura libre min. 2 metros postes galvanizados (km.)	8.900
Arreglo (km.)	3.000
Puerta (ud.) ancho mínimo 5 metros; dos hojas	325
Cortafuegos (ha)	198
B. REPERCUSIÓN MÁXIMA POR HECTAREA FORESTADA	Euros/ha forestada
Malla ganadera altura libre min. 1,5 metros (km.)	658
Malla cinegética altura libre min. 2 metros postes galvanizados (km.)	1.004
Puerta (ud.) ancho mínimo 5 metros; dos hojas	13
Cortafuegos (ha)	21

ANEXO III

TÉRMINOS MUNICIPALES EN ZONAS CON DIFICULTADES NATURALES: ZONAS DE MONTAÑA Y OTRAS ZONAS CON DIFICULTADES

ZONAS DE MONTAÑA			
PROVINCIA DE ALMERÍA			
CÓDIGO I.N.E.	MUNICIPIO	CÓDIGO I.N.E.	MUNICIPIO
04003	ADRA	04056	LAROYA
04004	ALBANCHEZ	04058	LIJAR
04007	ALCOLEA	04059	LUBRIN
04008	ALCONTAR	04060	LUCAINENA DE LAS TORRES
04009	ALCUDIA DE MONTEAGUD	04061	LUCAR
04010	ALHABIA	04062	MACAEL
04011	ALHAMA DE ALMERIA	04063	MARIA
04012	ALICUN	04068	OLULA DE CASTRO
04014	ALMOCITA	04070	ORIA
04017	ARBOLEAS	04071	PADULES
04018	ARMUÑA DE ALMANZORA	04072	PARTALOA
04019	BACARES	04076	PURCHENA
04021	BAYARQUE	04080	SANTA CRUZ
04022	BEDAR	04082	SENES
04026	BENITAGLA	04083	SERON
04027	BENIZALON	04084	SIERRO
04028	BENTARIQUE	04085	SOMONTIN
04029	BERJA	04086	SORBAS
04031	CANTORIA	04087	SUFLI
04033	CASTRO DE FILABRES	04088	TABERNAS
04034	COBDAR	04089	TABERNO
04036	CHERCOS	04090	TAHAL
04037	CHIRIVEL	04091	TERQUE
04038	DALIAS	04092	TIJOLA
04041	ENIX	04094	TURRILLAS
04043	FELIX	04096	URRACAL
04050	GERGAL	04097	VELEFIQUE
04051	HUECIJA	04098	VELEZ BLANCO
04054	ILLAR	04099	VELEZ RUBIO
04055	INSTINCIÓN		
PROVINCIA DE CÁDIZ			
CÓDIGO I.N.E.	MUNICIPIO	CÓDIGO I.N.E.	MUNICIPIO
11003	ALGAR	11021	JIMENA DE LA FRA.
11004	ALGECIRAS	11024	OLVERA
11005	ALGODONALES	11029	PUERTO SERRANO
11008	BARRIOS (LOS)	11035	TARIFA
11009	BENAOCAZ	11036	TORRE ALHAQUIME
11011	BOSQUE (EL)	11038	UBRIQUE
11018	GASTOR (EL)	11040	VILLALUENGA DEL ROS.
11019	GRAZALEMA	11042	ZAHARA
PROVINCIA DE CÓRDOBA			
CÓDIGO I.N.E.	MUNICIPIO	CÓDIGO I.N.E.	MUNICIPIO
14001	ADAMUZ	14055	PRIEGO DE CÓRDOBA

CÓDIGO I.N.E.	MUNICIPIO	CÓDIGO I.N.E.	MUNICIPIO
14015	CARCABUEY	14058	RUTE
14026	ESPIEL	14068	VILLAHARTA
14036	HORNACHUELOS	14071	VILLANUEVA DEL REY
14037	IZNAJAR	14073	VILLAVICIOSA DE C.
14043	MONTORO	14075	ZUHEROS
14047	OBEJO		
PROVINCIA DE GRANADA			
CÓDIGO I.N.E.	MUNICIPIO	CÓDIGO I.N.E.	MUNICIPIO
18001	AGRON	18109	JETE
18002	ALAMEDILLA	18114	LA CALAHORRA
18004	ALBONDÓN	18120	LENTEJI
18005	ALBUÑAN	18121	LOBRAS
18006	ALBUÑOL	18122	LOJA
18007	ALBUÑUELAS	18124	LUJAR
18011	ALFACAR	18128	MARCHAL
18012	ALGARINEJO	18132	MOCLIN
18013	ALHAMA DE GRANADA	18133	MOLVIZAR
18015	ALICUN DE ORTEGA	18135	MONTEFRIO
18016	ALMEGIJAR	18136	MONTEJICAR
18017	ALMUÑECAR	18137	MONTILLANA
18018	ALQUIFE	18140	MOTRIL
18020	ARENAS DEL REY	18141	MURTAS
18023	BAZA	18144	NIVAR
18024	BEAS DE GRANADA	18146	ORCE
18025	BEAS DE GUADIX	18147	ORGIVA
18028	BENALUA DE LAS VILLAS	18148	OTIVAR
18034	CACIN	18150	PADUL
18035	CADIAR	18152	PEDRO-MARTINEZ
18038	CAMPOTEJAR	18154	PEZA (LA)
18039	CANILES	18157	PINOS-GENIL
18043	CARATAUNAS	18159	PIÑAR
18044	CASTARAS	18161	POLICAR
18046	CASTRIL	18162	POLOPOS
18047	CENES DE LA VEGA	18164	PUEBLA DE D. FADRIQUE
18049	COGOLLOS DE GUADIX	18167	PURULLENA
18050	COGOLLOS VEGA	18168	QUETAR
18051	COLOMERA	18170	RUBITE
18054	CORTES Y GRAENA	18173	SALOBREÑA
18056	CULLAR-BAZA	18174	STA. CRUZ DE ALHAMA O DEL COMERCIO
18063	DARRO	18177	SORVILAN
18064	DEHESAS DE GUADIX	18178	TORRE-CARDELA
18067	DIEZMA	18179	TORVIZCON
18070	DUDAR	18181	TURON
18083	GOBERNADOR	18182	UGIJAR
18084	GOJAR	18184	VELEZ DE BAN-AUDALIA
18085	GOR	18187	VILLANUEVA DE LAS T.
18086	GORAFE	18189	VIZNAR
18088	GUADAHORTUNA	18192	ZAFARRAYA

CÓDIGO I.N.E.	MUNICIPIO	CÓDIGO I.N.E.	MUNICIPIO
18089	GUADIX	18194	ZUJAR
18093	GUALCHOS	18902	VALLE (EL)
18095	GUEVEJAR	18906	GUAJARES (LOS)
18098	HUESCAR	18907	VALLE DEL ZABALI
18099	HUETOR SANTILLAN	18908	VILLAMENA
18101	HUETOR-VEGA	18909	MORELABOR
18102	ILLORA	18910	PINAR (EL)
18103	ITRABO	18912	CUEVAS DEL CAMPO
18107	JAYENA	18913	ZAGRA
PROVINCIA DE HUELVA			
CÓDIGO I.N.E.	MUNICIPIO	CÓDIGO I.N.E.	MUNICIPIO
21001	ALAJAR	21034	GALAROZA
21004	ALMONASTER LA REAL	21036	GRANADA DE RIO TINTO (LA)
21007	ARACENA	21038	HIGUERA DE LA SIERRA
21008	AROCHE	21039	HINOJALES
21009	ARROYOMOLINOS DE LEON	21043	JABUGO
21012	BERROCAL	21045	LINARES DE LA S.
21020	CAÑAVERAL DE LEON	21051	NAVA (LA)
21022	CASTAÑO DEL RDO.	21052	NERVA
21024	CORTECONCEPCION	21059	PUERTO-MORAL
21025	CORTEGANA	21071	VALDELARCO
21026	CORTELAZOR	21078	ZALAMEA LA REAL
21029	CUMBRES MAYORES	21079	ZUFRE
21033	FUENTEHERIDOS		
PROVINCIA DE JAEN			
CÓDIGO I.N.E.	MUNICIPIO	CÓDIGO I.N.E.	MUNICIPIO
23001	ALBANCHEZ DE MÁGINA	23053	JODAR
23002	ALCALA LA REAL	23054	LARVA
23004	ALDEAQUEMADA	23062	MONTIZON
23005	ANDUJAR	23064	NOALEJO
23011	BAÑOS DE LA ENCINA	23065	ORCERA
23012	BEAS DE SEGURA	23066	PEAL DE BECERRO
23015	BELMEZ DE LA MORALEDA	23067	PEGALAJAR
23016	BENATAE	23070	POZO ALCON
23017	CABRA DE SANTO CRISTO	23071	PUENTE DE GENAVE
23018	CAMBIL	23072	PUERTA DE SEGURA (LA)
23019	CAMPILLO DE ARENAS	23073	QUESADA
23024	CAROLINA (LA)	23076	STA. ELENA
23025	CASTELLAR DE SANTISTEBAN	23079	SANTISTEBAN DEL PTO.
23026	CASTILLO DE LOCUBIN	23080	SANTO TOME
23028	CAZORLA	23081	SEGURA DE LA SIERRA
23029	CHICLANA DE SEGURA	23082	SILES
23030	CHILLUEVAR	23084	SORIHUELA DE GUADALIMAR
23033	FRAILES	23090	TORRES
23034	FUENSANTA DE MARTOS	23091	TORRE DE ALBANCHEZ
23037	GENAVE	23093	VALDEPEÑAS DE JAEN
23038	GUARDIA DE JAEN (LA)	23094	VILCHES
23042	HINOJALES	23095	VILLACARRILLO
23043	HORNOS	23097	VILLANUEVA DEL ARZOB.

CÓDIGO I.N.E.	MUNICIPIO	CÓDIGO I.N.E.	MUNICIPIO
23044	HUELMA	23099	VILLARES (LOS)
23045	HUESA	23101	VILLARRODRIGO
23047	IRUHELA (LA)	23901	CARCHELES (LOS)
23048	IZNATORAF	23902	BEDMAR Y GARCIEZ
23050	JAEN (PARTE)	23904	SANTIAGO-PONTONES
23051	JAMILENA	23905	ARROYO DEL OJANCO
23052	JIMENA		
PROVINCIA DE MÁLAGA			
CÓDIGO I.N.E.	MUNICIPIO	CÓDIGO I.N.E.	MUNICIPIO
29002	ALCAUCIN	29052	FARAJAN
29003	ALFARNATE	29053	FRIGLIANA
29004	ALFARNATEJO	29056	GAUCIN
29006	ALGATOCIN	29057	GENALGUACIL
29009	ALMACHAR	29060	IGUALEJA
29011	ALMOGIA	29061	ISTAN
29013	ALOZAINA	29062	IZNATE
29014	ALPANDEIRE	29063	JIMERA DE LIBAR
29015	ANTEQUERA (PARTE)	29064	JUBRIQUE
29016	ARCHEZ	29065	JUZCAR
29018	ARDALES	29066	MACHARAVIAYA
29019	ARENAS	29067	MÁLAGA
29020	ARRIATE	29071	MOCLINEJO
29021	ATAJATE	29073	MONDA
29022	BENADALID	29074	MONTEJAQUE
29023	BENAHAVIS	29075	NERJA
29024	BENALAURIA	29076	OJEN
29026	BENAMARGOSA	29077	PARAUTA
29028	BENAOJAN	29079	PERIANA
29029	BENARRABA	29081	PUJERRA
29030	BORGE (EL)	29083	RIOGORDO
29031	BURGO (EL)	29084	RONDA
29033	CANILLAS DE ACEITUNO	29085	SALARES
29034	CANILLAS DE ALBAIDA	29086	SAYALONGA
29036	CARRATRACA	29087	SEDELLA
29037	CARTAJIMA	29090	TOLOX
29039	CASABERMEJA	29091	TORROX
29040	CASARABONELA	29092	TOTALAN
29041	CASARES	29093	VALLE DE ABDALAJIS
29043	COLMENAR	29094	VELEZ-MÁLAGA
29044	COMARES	29095	VILLANUEVA DE ALGAIIDAS
29045	COMPETA	29096	VILLANUEVA DEL ROSARIO
29046	CORTES DE LA FRA.	29097	VILLANUEVA DEL TRABUCO
29048	CUEVAS DEL BECERRO	29098	VILLANUEVA DE TAPIA
29049	CUEVAS DE SAN MARCOS	29100	YUNQUERA
29051	ESTEPONA	29901	TORREMOLINOS
PROVINCIA DE SEVILLA			
CÓDIGO I.N.E.	MUNICIPIO	CÓDIGO I.N.E.	MUNICIPIO
41008	ALGAMITAS	41080	REAL DE LA JARA (EL)
41048	GUADALCANAL	41088	S. NICOLAS DEL PTO.
41076	PRUNA		

OTRAS ZONAS CON DIFICULTADES DISTINTAS A LAS DE MONTAÑA			
PROVINCIA DE ALMERÍA			
CÓDIGO I.N.E.	MUNICIPIO	CÓDIGO I.N.E.	MUNICIPIO
04001	ABLA	04053	HUERCAL-OLVERA
04002	ABRUCENA	04057	LAUJAR DE ANDARAX
04005	ALBOLODUY	04064	MOJACAR
04006	ALBOX	04065	NACIMIENTO

CÓDIGO I.N.E.	MUNICIPIO	CÓDIGO I.N.E.	MUNICIPIO
04015	ALSODUX	04067	OHANES
04016	ANTAS	04069	OLULA DEL RIO
04020	BAYARCAL	04073	PATERNA DEL RIO
04023	BEIRES	04075	PULPI
04030	CANJAYAR	04077	RAGOL
04035	CUEVAS DE ALMANZORA	04901	TRES VILLAS (LAS)
04044	FINES	04093	TURRE
04045	FIÑANA	04095	ULEILA DEL CAMPO
04046	FONDON	04100	VERA
04048	GALLARDOS (LOS)	04103	ZURGENA
04049	GARRUCHA		
PROVINCIA DE CÓRDOBA			
CÓDIGO I.N.E.	MUNICIPIO	CÓDIGO I.N.E.	MUNICIPIO
14002	AGUILAR	14035	HINOJOSA DEL D.
14003	ALCARACEJOS	14038	LUCENA
14004	ALMEDINILLA	14039	LUQUE
14006	AÑORA	14041	MONTEMAYOR
14007	BAENA	14042	MONTILLA
14008	BELALCAZAR	14044	MONTURQUE
14009	BELMEZ	14045	MORILES
14010	BENAMEJI	14046	NUEVA-CARTEYA
14011	BLAZQUEZ	14048	PALENCIANA
14013	CABRA	14051	PEDROCHE
14016	CARDEÑA	14052	PEÑARROYA-PBO.
14017	CARLOTA (LA)	14054	POZOBLANCO
14020	CONQUISTA	14056	PUNTEGENIL
14022	DOÑA MENCIA	14059	S. SEBASTIAN DE LOS BALLESTEROS
14023	DOS TORRES	14061	STA. EUFEMIA
14024	ENCINAS REALES	14062	TORRECAMPO
14028	FUENTE LA LANCHA	14063	VALENZUELA
14029	FUENTE OBEJUNA	14064	VALSEQUILLO
14030	FUENTE PALMERA	14065	VICTORIA (LA)
14031	FUENTE-TOJAR	14069	VILLANUEVA DE CORDOBA
14032	GRANJUELA (LA)	14070	VILLANUEVA DEL DUQUE
14033	GUADALCAZAR	14072	VILLARALTO
14034	GUIJO	14074	VISO (EL)
PROVINCIA DE GRANADA			
CÓDIGO I.N.E.	MUNICIPIO	CÓDIGO I.N.E.	MUNICIPIO
18010	ALDEIRE	18096	HUELAGO
18904	ALPUJARRA DE LA S.	18097	HUENEJA
18027	BENALAU DE GUADIX	18105	IZNALLOZ
18029	BENAMAUREL	18108	JEREZ DEL MARQUESADO
18030	BERCHULES	18112	JUVILES
18032	BUBION	18116	LANJARON
18033	BUSQUISTAR	18117	LANTEIRA
18040	CAÑAR	18119	LECRIN
18042	CAPILEIRA	18123	LUGROS
18045	CASTILLEJAR	18126	MALAHA (LA)
18053	CORTES DE BAZA	18134	MONACHIL
18061	CHIMENEAS	18903	NEVADA
18066	DEIFONTES	18143	NIGUELAS
18068	DILAR	18151	PAMPANEIRA
18069	DÓLAR	18163	PORTUGOS
18071	DURCAL	18176	SOPORTUJAR
18072	ESCUZAR	18901	TAHA (LA)
18074	FERRERIA	18180	TREVELEZ
18076	FONELAS	18183	VALOR
18078	FREILA	18185	VENTAS DE HUELMA
18082	GALERA	18193	ZUBIA (LA)
18094	GUEJAR-SIERRA		
PROVINCIA DE HUELVA			
CÓDIGO I.N.E.	MUNICIPIO	CÓDIGO I.N.E.	MUNICIPIO
21003	ALMENDRO (EL)	21057	PAYMOGO
21005	ALMONTE	21058	PBA. DE GUZMAN

CÓDIGO I.N.E.	MUNICIPIO	CÓDIGO I.N.E.	MUNICIPIO
21006	ALOSNO	21062	ROSAL DE LA FRA.
21010	AYAMONTE	21063	S. BARTOLOME DE LA T.
21015	CABEZAS RUBIAS	21066	S. SILVESTRE DE G.
21016	CALA	21065	SANLUCAR DE GUADIANA
21023	CERRO DE ANDEVALO	21067	STA. ANA LA REAL
21027	CUMBRES DE EN MEDIO	21068	STA. BARBARA DE CASA
21028	CUMBRES DE S. BARTOLOME	21069	STA. OLALLA DEL C.
21031	ENCINASOLA	21073	VILLABLANCA
21037	GRANADO (EL)	21075	VILLANUEVA DE LAS CRUCES
21040	HINOJOS	21076	VILLANUEVA DE LOS CASTILLEJOS
21048	MARINES (LOS)		
PROVINCIA DE JAEN			
CÓDIGO I.N.E.	MUNICIPIO	CÓDIGO I.N.E.	MUNICIPIO
23003	ALCAUDETE	23056	LOPERA
23006	ARJONA	23057	LUPION
23007	ARJONILLA	23058	MANCHA REAL
23008	ARQUILLOS	23059	MARMOLEJO
23009	BAEZA	23060	MARTOS
23010	BAILEN	23061	MENGIBAR
23014	BEGIJAR	23063	NAVAS DE S. JUAN
23020	CANENA	23069	PORCUNA
23021	CARBONEROS	23074	RUS
23027	CAZALILLA	23075	SABIOTE
23031	ESCAÑUELA	23077	SANTIAGO DE C.
23032	ESPELUY	23086	TORRE DEL CAMPO
23035	FUERTE DEL REY	23085	TORREBLASCO-PEDRO
23039	GUARROMAN	23087	TORREDONJIMENO
23040	HIGUERA DE ARJONA	23088	TORREPEROGIL
23041	HIGUERA DE CALAT.	23092	UBEDA
23046	IBROS	23096	VILLANUEVA DE LA REINA
23049	JABALQUINTO	23098	VILLARDOMPARDOS
23055	LINARES	23903	VILLATORRES
PROVINCIA DE SEVILLA			
CÓDIGO I.N.E.	MUNICIPIO	CÓDIGO I.N.E.	MUNICIPIO
41002	ALANIS	41049	GUILLENA
41009	ALMADEN DE LA PLATA	41902	ISLA MAYOR
41012	AZNALCAZAR	41057	MADROÑO (EL)
41013	AZNALCOLLAR	41066	NAVAS DE LA C.
41027	CASTILBLANCO DE LOS A.	41078	P° DE LOS INFANTES
41031	CASTILLO DE LAS GUARDAS	41073	PEDROSO (EL)
41032	CAZALLA DE LA SIERRA	41079	PUEBLA DEL RIO (LA)
41033	CONSTANTINA	41083	RONQUILLO (EL)
41043	GARROBO (EL)	41097	VILLAMANRIQUE DE LA CONDESA
41045	GERENA		

ANEXO IV
IMPORTES MÁXIMOS APLICABLES PARA LA AYUDA DE MANTENIMIENTO

TIPOS DE FORESTACIÓN	Euros/ ha
FRONDOSAS (MASA PURA Y MEZCLADA)	322
RESINOSAS (MASA PURA Y MEZCLADA)	293
MEZCLAS DE FRONDOSAS CON RESINOSAS	260
OTRAS ESPECIES ARBÓREAS DE ESPECIAL INTERÉS	328

ANEXO V
IMPORTES MÁXIMOS APLICABLES A LAS PRIMAS
COMPENSATORIAS

USO ABANDONADO	AGRICULTOR/A (Euros/ha)	OTRAS PERSONAS DE DERECHO PRIVADO (Euros/ha)
Tierras ocupadas por cultivos herbáceos, huertas y leñosos.	385	150
Pastizales	286	150
Barbechos	145	145

ANEXO VI
ESPECIES Y DENSIDADES MÍNIMAS OBJETO DE AYUDA

A. FRONDOSAS

Código	Nombre vulgar	Nombre científico	Densidad mínima (Plantas/ha)
01	Acebuché	Olea europea var. sylvestris L.	400
02	Abedul	Betula fontqueri Rotm.	500
03	Alamo blanco	Populus alba L.	500
04	Alamo negro	Populus nigra L.	500
05	Alcornoque	Quercus suber L.	400
06	Algarrobo	Ceratonia siliqua L.	400
07	Almez, Latonero	Celtis australis L.	500
09	Avellano	Corylus avellana L.	400
10	Encina	Quercus ilex L.	400
13	Fresno	Fraxinus angustifolia Vahl.	400
14	Higuera	Ficus carica L.	400
15	Laurel	Laurus nobilis L.	400
16	Lentisco	Pistacia lentiscus L.	500
17	Olmo	Ulmus minor Mill.	500
18	Quejigo	Quercus lusitanica Will.	400
19	Rebollo, Melojo	Quercus pyrenaica Will.	400
20	Roble andaluz, Quejigo	Quercus canariensis Will	400
21	Sauce	Salix alba L.	500
22	Sauce, mimbrera	Salix fragilis L.	500

B. RESINOSAS

Código	Nombre vulgar	Nombre científico	Densidad mínima (Plantas/ha)
28	Pino carrasco	Pinus halepensis Mill.	700
29	Pino laricio, Pino albar	Pinus nigra Arn.	700
30	Pino negral, Pino rodano	Pinus pinaster Ait.	700
31	Pino piñonero	Pinus pinea L.	700
32	Pino silvestre	Pinus sylvestris L.	700

C. OTRAS ESPECIES ARBÓREAS DE ESPECIAL INTERÉS

Código	Nombre vulgar	Nombre científico	Densidad mínima (Plantas/ha)
11	Enebro	Juniperus communis L.	400
12	Enebro	Juniperus oxycedrus L.	400
23	Serbal, Mostajo	Sorbus aucuparia L.	400
24	Serbal, Mostajo	Sorbus torminalis Crantz.	400
25	Serbal, Mostajo	Sorbus aria Crantz.	400
26	Serbal, Mostajo	Sorbus domestica L.	400
27	Tejo	Taxus baccata L.	400
33	Castaño	Castanea sativa Mill.	400
34	Cerezo silvestre	Prunus avium L.	400
35	Nogal	Juglans regia L. E híbridos	400
36	Sabina	Juniperus phoenicia L.	400
37	Sabina albar	Juniperus thurifera L.	400

D. ESPECIES DE CRECIMIENTO RÁPIDO

Código	Nombre vulgar	Nombre científico	Densidad mínima (Plantas/ha)
38	Sauce	Salix alba L.	5.000
39	Sauce, mimbrera	Salix fragilis L.	5.000

ANEXO VII
DENSIDADES MÍNIMAS PARA LA CERTIFICACIÓN DE
LA AYUDA A LA COMPENSACIÓN DE RENTA UNA VEZ
SUPERADOS LOS CINCO MANTENIMIENTOS

TIPOS DE FORESTACIÓN	Anualidad de Certificación de la ayuda a la compensación de renta	
	7.º a la 10.º	11.º a la 15.º
FRONDOSAS (MASA PURA Y MEZCLAS)	70 %	60 %
RESINOSAS (MASA PURA Y MEZCLAS)	75 %	65 %
MEZCLAS(FRONDOSAS-RESINOSAS)	70 %	60 %
OTRAS ESPECIES ARBÓREAS DE ESPECIAL INTERÉS	80 %	75 %

ANEXO VIII

DOCUMENTACIÓN A APORTAR

Documentación básica (art. 22.3 de la presente Orden).

- Solicitud de ayuda (*).
- Copia del NIF (**) o CIF (***) del solicitante de la ayuda.
- Poder suficiente para actuar de los representantes de las personas físicas, jurídicas, comunidades de bienes o cualquier otro tipo de unidad económica o patrimonio por separado.

- Fichero en formato Shapefile de conformidad con lo dispuesto en el artículo 22.3.c) de la Orden que regula esta ayuda, obtenido con el Delimitador Gráfico disponible en Entidades Colaboradoras y Delegaciones Provinciales, de las parcelas que se pretenden forestar.

(*) Tanto los modelos de solicitud, así como el manual de uso del mismo están disponibles en la web de la Consejería de Agricultura y Pesca en el siguiente enlace: <http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/forestacion/forestprimera.htm>.

(**) Se entenderá cumplida esta obligación, a aquellos solicitantes que autoricen la comprobación de sus datos, en cumplimiento de las exigencias que dispone la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de carácter personal.

(***) Si se hubiera solicitado ayudas con anterioridad, la acreditación de su identidad se realizará de oficio mediante la comprobación del Código de Identificación Fiscal del solicitante en la aplicación del Sistema Informático de Gestión Presupuestaria, Contable y de Tesorería de la Junta de Andalucía, Sistema Integrado Júpiter

Documentación general (arts. 22.4 y 23.3 de la presente Orden).

- En caso de ser propietario, acreditación de la titularidad de las tierras agrícolas susceptibles de forestación (Nota simple del Registro de la Propiedad actualizada, copia compulsada de Escritura Pública, o copia compulsada del contrato privado liquidado del impuesto de transmisiones patrimoniales y actos jurídicos documentados).

- Si la solicitud la formula persona distinta del propietario (usufructuario, arrendatario, cesionario etc), autorización expresa según el Anexo I de la presente Orden, así como documentación que acredite la titularidad del propietario (Nota simple del Registro de la Propiedad actualizada, copia compulsada de la Escritura Pública o copia compulsada del contrato privado liquidado de impuestos) y copia de su NIF o CIF. Si existieran varios propietarios, cada uno de ellos dará autorización expresa al solicitante según el modelo citado.

- En caso de titular arrendatario, copia compulsada del contrato de arrendamiento liquidado del impuesto de transmisiones patrimoniales y actos jurídicos documentados, con una duración mínima a 15 años.

- En el supuesto de cesión, copia compulsada del documento público de cesión durante como mínimo 15 años.

- Si el titular es persona jurídica, Escrituras de Constitución y Estatutos, debidamente inscritos en el Registro Mercantil.

- Para Sociedades Cooperativas, Comunidades de Bienes, Sociedades Civiles o cualquier otro tipo de unidad económica o patrimonio por separado, acreditación del Acuerdo adoptado por el órgano competente de la sociedad respecto a las solicitudes de ayudas presentadas, o en su defecto, autorización expresa de todos sus miembros, y copia del NIF de cada uno de ellos.

- En caso de Ayuntamientos, aportar el Acta del Pleno donde se aprueba el solicitar la ayuda, así como el nombramiento de la persona autorizada como representante legal y copia de su NIF.

- En caso de Sociedades Mercantiles, para justificación de las rentas agrarias, declaración del Impuesto de Sociedades más favorable de las tres últimas anualidades, y certificado de la entidad recogido bajo documento público (acta notarial) donde se especifique el porcentaje de la renta agraria procedente de la actividad agraria en los tres últimos años.

- Certificado bancario de la entidad financiera, que acredite la titularidad de la cuenta corriente por parte del beneficiario (**).

- Presupuesto justificativo de las actuaciones, firmado por el solicitante.

- Para superficies de más de 50 ha proyecto firmado por Técnico competente y delimitación de la superficie de preferencia, conforme al artículo 17 de la presente Orden.

- Informe técnico preceptivo sobre la viabilidad de las acciones de la Consejería de Medio Ambiente (CMA) si la explotación se encuentra en Espacio Natural Protegido (ENP).

- Si el aprovechamiento es pastizal, informe técnico preceptivo sobre la viabilidad de las acciones de la Consejería de Medio Ambiente (CMA).

(**) Se entenderá cumplida esta obligación de presentar certificado bancario no sólo a aquellos agricultores que formalicen su solicitud a través de una entidad colaboradora financiera sino también a aquellos que lo hagan a través de una entidad colaboradora no financiera así como a modo individual siempre que consigne en su solicitud un código de cuenta perteneciente a una entidad financiera de las establecidas en el Anexo 10 de la norma reguladora anual de los regímenes de ayudas comunitarias a la agricultura.

ANEXO IX
ZONAS DE DISTRIBUCIÓN DEL LINCE IBÉRICO
(LYNX PARDINUS)

RELACIÓN DE MUNICIPIOS QUE SE ENCUENTRAN EN LAS ZONAS DE DISTRIBUCIÓN DEL LINCE IBÉRICO

CÓDIGO I.N.E.	MUNICIPIO
CÁDIZ	
11032	SANLÚCAR DE BARRAMEDA
CÓRDOBA	
14001	ADAMUZ
14016	CÁRDENA
14043	MONTORO
14047	OBEJO
HUELVA	
21005	ALMONTE
21013	BOLLULLOS PAR DEL CONDADO
21014	BONARES
21030	CHUCENA
21040	HINOJOS
21046	LUCENA DEL PUERTO
21047	MANZANILLA
21050	MOGUER
21054	PALMA DEL CONDADO
21055	PALOS DE LA FRONTERA
21061	ROCIANA DEL CONDADO
21074	VILLALBA DEL ALCOR
JAÉN	
23004	ALDEAQUEMADA
23005	ANDUJAR
23010	BAILEN
23011	BAÑOS DE ENCINA
23021	CARBONEROS
23024	LA CAROLINA
23032	ESPELUY
23039	GUARROMAN
23059	MARMOLEJO
23076	SANTA ELENA
23094	VILCHES
23096	VILLANUEVA DE LA REINA
SEVILLA	
41012	AZNALCAZAR
41016	BOLLULLOS DE LA MITACION
41051	HUEVAR
41075	PILAS
41079	PUEBLA DEL RIO
41094	UMBRETE
41902	VILLAFRANCO DEL GUADALQUIVIR
41097	VILLAMANRIQUE DE LA CONDESA

En todos los casos la superficie de distribución del Lince Ibérico afecta parcialmente a todos y cada uno de los términos municipales detallados.

 <p>JUNTA DE ANDALUCÍA Consejería de Agricultura y Pesca Dirección General de Fondos Agrarios</p>	<p>Anexo X</p> <p>COMUNICACIONES</p>	<p>Registro de entrada de la Administración</p> <p>COM</p>
<p>Nº EXPEDIENTE FORESTACIÓN</p> <p style="font-size: 24px; font-weight: bold;">01</p>		

DECLARANTE	APELLIDOS Y NOMBRE O RAZÓN SOCIAL	CIF / NIF
REPRESENTANTE LEGAL	APELLIDOS Y NOMBRE	NIF
	DOMICILIO FISCAL	

CAMBIO DE DOMICILIO DE NOTIFICACIÓN

DOMICILIO NUEVO	TIPO DE VÍA	NOMBRE DE LA VÍA	PROVINCIA	NÚMERO	ESCALERA	PISO	PUERTA
	MUNICIPIO			C.P.	TELÉFONO		
DOMICILIO ANTERIOR	TIPO DE VÍA	NOMBRE DE LA VÍA	PROVINCIA	NÚMERO	ESCALERA	PISO	PUERTA
	MUNICIPIO			C.P.	TELÉFONO		

MEDICIÓN GPS Y REPLANTEO

FECHA

--	--	--	--	--	--	--	--

INICIO DE TRABAJOS

FECHA

--	--	--	--	--	--	--	--

DESCRIPCIÓN DE TRABAJOS FINALIZADOS

RECEPCIÓN DE PLANTAS DE VIVERO

FECHA

--	--	--	--	--	--	--	--

DESCRIPCIÓN DE TRABAJOS FINALIZADOS

FINALIZACIÓN DE TRABAJOS

OBSERVACIONES

FINALIZACIÓN PARCIAL

FINALIZACIÓN TOTAL

En a de de 2.0.....

Firma

ILMO. SR. DIRECTOR GENERAL DE FONDOS AGRARIOS

 JUNTA DE ANDALUCÍA Consejería de Agricultura y Pesca Dirección General de Fondos Agrarios	Anexo XI CERTIFICADO DE MEDICIÓN	MED
	Nº EXPEDIENTE FORESTACIÓN 0 1 [] [] [] [] [] [] [] []	<small>Registro de entrada de la Administración</small>

D. _____, con titulación de _____
 _____ y colegiado nº _____ del Colegio Oficial de _____

CERTIFICO

1.- Que la medición topográfica ó levantamiento GPS (Sistema de Posicionamiento Global) efectuado para el expediente de Forestación número: _____, a nombre de: _____, ha sido realizado de acuerdo a las exigencias y condicionantes impuestos por la Orden ___ de _____ de 2009 que regula estas ayudas, siendo el resultado de la medición efectuada el siguiente:

SUPERFICIE TOTAL MEDIDA: _____ Ha.

Superficie a descontar:

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Caminos _____ | <input type="checkbox"/> Puntos de Agua |
| <input type="checkbox"/> Edificaciones _____ | <input type="checkbox"/> Afloramientos rocosos |
| <input type="checkbox"/> Manchas de matorral _____ | <input type="checkbox"/> Arroyos |
| <input type="checkbox"/> Otros | |

TOTAL SUPERFICIE A DESCONTAR _____ Ha.

SUPERFICIE ÚTIL FORESTADA: (Diferencia entre la Superficie Total Medida y la Superficie a descontar) _____ Ha.

Otras mediciones que son objeto de las ayudas aprobadas en el expediente:

Cortafuegos _____ Ha.

Otros _____ Ha.

2.- Que los planos y ficheros gráficos que se adjuntan a esta medición, han sido realizados de acuerdo a las normas técnicas exigidas en el artículo de mediciones de superficies de la Orden antes citada, que regula estas ayudas.

Y para que conste a los efectos oportunos, expedido el presente certificado

En _____ a _____ de _____ de 2.0__

Firma

