

CURSO  
SUPERIOR

# Forestación en paisajes agrarios



Consejería de Agricultura y Pesca



JUNTA DE ANDALUCÍA

# FORESTACIÓN EN PAISAJES AGRARIOS



**FORESTACIÓN EN PAISAJES AGRARIOS**

© Edita: JUNTA DE ANDALUCÍA. *Consejería de Agricultura y Pesca*

Publica: VICECONSEJERÍA. Servicio de Publicaciones y Divulgación.

Coordinadores: Estanislao de Simón Navarrete, María-Ángeles Ripoll Morales  
y José Luis González Reboillar

Colección: FORMACIÓN AGRARIA

Serie: CURSO SUPERIOR

I.S.B.N.: 84-8474-136-2

Depósito Legal: GR-1637/04

Fotocomposición e Impresión: SanPrint, S.L. · Pol. 2 de Octubre · C/ Bernard Vicent, s/n ·  
18320 SANTA FE (Granada) · Tlf. 958 51 32 20

## ÍNDICE

### Capítulo 1

|   |   |
|---|---|
| <b>Introducción: Forestación de tierras agrarias.</b> <i>Estanislao de Simón Navarrete; José Luis González Rebollar</i> ..... | 7 |
|---|---|

### Capítulo 2

|  |    |
|--|----|
| <b>Forestación y paisaje agrario.</b> <i>Cristina Montiel Molina</i> ..... | 15 |
|--|----|

### Capítulo 3

|  |    |
|--|----|
| <b>Suelos forestales y agrícolas.</b> <i>Emilia Fernández Ondoño</i> ..... | 41 |
|--|----|

### Capítulo 4

|  |    |
|--|----|
| <b>Material de reproducción: Normas de calidad y certificación forestal.</b> <i>Jesús Pemán García</i> ..... | 67 |
|--|----|

### Capítulo 5

#### **Técnicas de repoblación aplicadas a la forestación de tierras agrarias**

|  |    |
|--|----|
| <b>5.1. Microcuencas: una técnica de preparación del suelo en zonas semiáridas.</b> <i>E. de Simón; I. Bocio; M<sup>a</sup> A. Ripoll; F. B. Navarro; M<sup>a</sup> N. Jiménez; E. Gallego</i> ..... | 95 |
|--|----|

|  |     |
|--|-----|
| <b>5.2. Eficacia de la preparación del suelo en la forestación de tierras agrarias.</b> <i>I. Bocio; M<sup>a</sup> A. Ripoll; F. B. Navarro; M<sup>a</sup> N. Jiménez, E. de Simón</i> ..... | 119 |
|--|-----|

|   |     |
|---|-----|
| <b>5.3. Métodos de preparación del suelo para la forestación de tierras agrarias y su influencia en la evolución de la vegetación natural en ambientes semiáridos.</b> <i>F. B. Navarro; M<sup>a</sup> A. Ripoll; I. Bocio; M<sup>a</sup> N. Jiménez; E. De Simón</i> ..... | 147 |
|---|-----|

|  |     |
|--|-----|
| <b>5.4. Forestación con especies arbustivas y de matorral en ambientes semiáridos. Núcleos de dispersión.</b> <i>M<sup>a</sup> N. Jiménez; M<sup>a</sup> A. Ripoll; F. B. Navarro; I. Bocio; E. De Simón</i> ..... | 161 |
|--|-----|

### Capítulo 6

#### **Tratamientos culturales**

|   |     |
|---|-----|
| <b>6.1. Cuidados posteriores a las forestaciones y trabajos complementarios.</b> <i>Rafael Serrada Hierro</i> ..... | 181 |
|---|-----|

|  |     |
|--|-----|
| <b>6.2. Efectos de los tratamientos culturales, binas, riegos y cubiertas vegetales sobre la forestación.</b> <i>M<sup>a</sup> A. Ripoll; M<sup>a</sup> N. Jiménez; F. B. Navarro; I. Bocio; E. De Simón</i> ..... | 191 |
|--|-----|

|                    |  |     |
|--------------------|--|-----|
| <u>Capítulo 7</u>  |  |     |
|                    | <b>Selvicultura de masas forestales procedentes de la forestación de tierras agrarias.</b> <i>Rafael Serrada Hierro</i> .....        | 215 |
| <u>Capítulo 8</u>  |  |     |
|                    | <b>Uso múltiple y protección de la biodiversidad en la forestación de tierras agrarias.</b> <i>José Luis González Rebollar</i> ..... | 263 |
| <u>Capítulo 9</u>  |  |     |
|                    | <b>Las áreas pasto-cortafuegos como medida preventiva contra incendios.</b> <i>Ana Belén Robles Cruz</i> .....                       | 285 |
| <u>Capítulo 10</u> |  |     |
|                    | <b>Biorremediación de áreas contaminadas.</b> <i>C. Arralgada; J. A. Ocampo; M. A. Herrera</i> .....                                 | 303 |

# Capítulo 1



## FORESTACIÓN DE TIERRAS AGRARIAS

En ésta publicación se recogen las comunicaciones de los profesores que participaron en el Curso de Especialización “Forestación de Tierras Agrarias” realizado en el Centro de Investigación y Formación Agraria de Granada, en septiembre de 2002.

E. de Simón Navarrete \*; J. L. González Rebollar\*\*

Grupo de Estudios DYDAMER

\* Centro de Investigación y Formación Agraria de Granada.

\*\* Consejo Superior de Investigaciones Científicas, E. E. del Zaidín, Granada.

### 1. INTRODUCCIÓN

La forestación de tierras agrarias supone la transformación de un sistema agrícola, creado y mantenido por el hombre, cuya sostenibilidad está ligada a fuertes niveles de artificialización, en otro, forestal, igualmente creado por el hombre, cuya sostenibilidad es directamente dependiente del grado de naturalización conseguido.

La forestación constituye, por tanto, un instrumento muy eficaz para recuperar tierras agrarias en abandono o con cultivos excedentarios y para contribuir a diversificar la actividad agraria, especialmente en las zonas más desfavorecidas donde las características del clima ofrecen pocas alternativas a las actividades agrícolas tradicionales. Pero la forestación, a su vez, debe contribuir también a la corrección de los problemas de erosión y desertización que sufren determinadas zonas españolas, así como a la conservación y mejora de los suelos, la conservación de la fauna y flora, la regulación del régimen hidrológico de las cuencas y a una gestión del espacio natural compatible con el medio ambiente, favoreciendo el desarrollo de ecosistemas forestales beneficiosos para la agricultura, según se indica en el Real Decreto 6/2001 sobre fomento de la forestación de tierras agrícolas.

Pero para que las forestaciones que se realicen puedan producir estos beneficios, tanto a los agricultores como a la sociedad, deben hacerse aplicando técnicas de repoblación adaptadas a las características específicas de los terrenos agrícolas y a la ecología de las especies con las que se pretende forestar, y considerando que la forestación es la actuación más importante y decisiva para la restauración de la vegetación natural de cada territorio, que debe favorecer la integración de estas tierras en un paisaje agrario equilibrado.

La restauración de la vegetación forestal en determinados terrenos agrícolas, en definitiva, favorece el proceso de reconstrucción de los ecosistemas forestales permanentes (R.D. 378/1993). Por tanto, la instalación de plantas forestales, **forestación**, no puede ser un fin en sí mismo, sino el procedimiento técnico más adecuado para potenciar la dinámica sucesional de las comunidades del entorno, hacia un sistema progresivamente más estable y capaz de acoger un uso múltiple sostenible, que constituya una alternativa complementaria de las rentas agrarias, teniendo en cuenta el valor y el plazo de los ingresos generados por el bosque y las explotaciones agroforestales.

## 1.1. REPOBLACIÓN FORESTAL Y FORESTACIÓN

Los términos repoblación forestal y reforestación se refieren a la acción y efecto de repoblar con plantas forestales un terreno que, o las ha tenido anteriormente o las ha perdido en tiempos recientes, es decir, en terrenos que no han perdido sus características de espacio forestal.

En cambio, el término forestación se aplica a la acción y efecto de repoblar con plantas forestales un terreno que no ha tenido este tipo de vegetación desde tiempos lejanos. Tal es el caso de las tierras que han sido objeto de un aprovechamiento agrícola durante mucho tiempo.

Sin embargo, del mismo modo que al término repoblación se le califica con el adjetivo "forestal", cuando forestación se aplica a superficies "agrarias", *adopta un concepto mucho más amplio que el de una simple plantación de especies forestales en tierras agrarias, ya que con la forestación comienza todo un complejo proceso de transformación de un sistema agrícola en un sistema forestal, que utiliza la plantación de especies forestales como medio para realizar esta transformación* (Bocio, 2002).

## 1.2. RESTAURACIÓN DE LA VEGETACIÓN EN TIERRAS AGRARIAS

Si la restauración tiene como finalidad la creación o recuperación de un sistema forestal con el propósito de diversificar las actividades rurales y mejorar las rentas agrarias, no debe plantearse como una plantación homogénea y monoestructural de árboles, como puede serlo un cultivo de olivos o almendros. *Un bosque está muy lejos de ser una masa regular y compacta de árboles iguales, monótona y amorfa, como puede ser un campo de trigo: el bosque es una población vegetal pero no un ejército de árboles* (Ceballos, 1945).

Con la forestación de tierras agrarias se pueden crear enclaves boscosos desde los que diversificar el paisaje rural. De hecho, los objetivos de la restauración deben primar desde el comienzo la utilización sostenible de los recursos del suelo, especialmente la disposición de agua, identificando las áreas de impluvio (exportadoras de escorrentías) de las de sedimentación (receptoras). En los impluvios se podrán instalar especies menos exigentes, con formaciones abiertas, mientras las zonas receptoras se destinan a las más exigentes y a las mayores densidades.

Con la forestación se puede restaurar el paisaje forestal propio de cada territorio, pero para ello debe evitarse instalar un dosel continuo, uniforme y monoespecífico. Es decir, evitar la configuración de un espacio monótono, altamente vulnerable al fuego y a las plagas. La vegetación que se instale debe ser progresivamente estable con el medio, a lo largo del tiempo, sin que su evolución dependa de intervenciones continuas en forma de tratamientos o laboreos del suelo. Para esto es necesario que las especies que se instalen y la densidad con que se haga sean adecuadas a las específicas condiciones de cada suelo, clima y disponibilidad real de agua.

## 1.3. OBJETIVOS DE LAS ACTUACIONES FORESTADORAS

Las actuaciones forestadoras deben tener como objetivos:

1. **Reconstruir la vegetación propia de cada territorio, formando enclaves forestales en zonas agrarias, introduciendo especies dominantes, y/o (en su**

defecto) especies seriales, de la vegetación de la zona; en suma, elementos relevantes (árboles, arbustos y matorral) de las **comunidades** vegetales que le son propias.

2. **Crear bosques islas** en zonas agrícolas y en tierras rurales donde no existen enclaves forestales, de forma que puedan habilitarse núcleos más o menos dispersos a partir de los cuales crear un paisaje equilibrado y diversificador de los usos y rentas agrarias.
3. **Contribuir al proceso de diversificación de la agricultura en determinadas comarcas agrarias**, adecuando los usos de la tierra, al potencial agrológico de la misma, revalorizando el papel del árbol y del monte en la forma de gestionar el espacio agrícola.
4. **Contribuir al desarrollo rural de las zonas desfavorecidas**, potenciando la capacidad de un uso múltiple de sus tierras y recursos.

Para que las forestaciones de tierras agrarias puedan contribuir al desarrollo de las zonas rurales es preciso que las especies forestales que se instalen y su distribución en el terreno puedan conseguir los siguientes objetivos:

- La integración de los núcleos forestales en el paisaje rural.
- Mejorar las expectativas de uso múltiple (pastos, caza, etc.).
- La diversificación de las rentas, con la incorporación de productos del monte (madera, corcho, piñón, miel, setas, trufas, aromáticas, etc.).

#### 1.4. ECOLOGÍA DE LA FORESTACIÓN

Para que la forestación favorezca la progresión natural hacia “el bosque”, se necesita que se vayan incorporando a la sucesión vegetal las especies que conforman las sucesivas etapas de su fitodinámica natural. Esto, adicionalmente, irá colaborando en la perseguida diversificación de los usos y los aprovechamientos.

Por su parte, la preparación del suelo y los cuidados culturales posteriores a la forestación deben hacerse siempre aplicando procedimientos y técnicas que favorezcan la evolución natural de la vegetación que se trata de restaurar, y no se pueden considerar malas hierbas a las que espontáneamente se establecen, cuando todo evidencia que las condiciones ecológicas del entorno les son propicias. No obstante, pueden darse casos en los que la fuerte competencia inicial, por el espacio o por el agua, haga recomendable controlar su desarrollo mediante tratamientos selectivos, hasta que la propia dinámica natural ajuste esta competencia.

#### 1.5. ASPECTOS DIFERENCIALES ENTRE UNA REPOBLACIÓN Y UNA FORESTACIÓN

La vegetación que se instala, o se pretende favorecer, con la forestación va a encontrar en las tierras agrarias unos **factores ambientales muy diferentes** de los de su medio natural. Estas diferencias tienen especial significado, cuando la forestación se hace con especies arbóreas y arbustivas cuya plantación tenga como fin principal la restauración o creación de sistemas forestales permanentes (R.D. 378/1993). En estos

casos las especies con las que se puede forestar serán aquellas cuyos requerimientos sean compatibles con las características de las tierras, vegetación, suelo y microclima del entorno, que habitualmente estará profundamente alterado.

En la forestación de tierras agrícolas, los principales factores diferenciales respecto de la repoblación de un terreno forestal, los cuales, a su vez, influyen decisivamente en la elección de especies y en la preparación del suelo, son:

- 1º.- **Ausencia** de una vegetación forestal preexistente, cuya presencia favorezca el microclima (ecoclima) que necesitan las plantas más exigentes para instalarse.
- 2º.- **Carencia de simbiosis** de las especies con las que se repuebla.
- 3º.- **Un potencial biológico** diferente del que corresponde a los suelos forestales.

Estas limitaciones iniciales pueden reducirse a través de una acertada elección de plantas y procesos reforestadores. En definitiva, antes de proceder a la implantación de taxones exigentes en condiciones ambientales, o de mayor desarrollo vegetativo, puede ser necesario comenzar introduciendo algunos elementos seriales o subseriales. Tal es el caso de ciertas gimnospermas (pináceas, cupresáceas, sobre todo) y matorrales, que crean condiciones ecoclimáticas mejores: cada vez más independientes del entorno zonal, y más aptas para nuevas fases, escalonadas, de la reforestación.

La **carencia de simbiosis** que encuentra la instalación de las primeras plantas se puede compensar con el empleo de inóculos en la fase de vivero. Y el propio **potencial biológico** del suelo se puede ir recuperando si se aplican procedimientos de preparación del suelo que favorezcan su aireación y la progresiva incorporación-recuperación de su flora y fauna edáfica. De hecho, por ejemplo, las binas, y escardas que aportan materia orgánica al suelo son una técnica que favorecen la recuperación del potencial biológico.

## 1.6. ELECCIÓN DE ESPECIES

Para forestar un terreno agrícola es necesario seleccionar aquellas **especies cuya ecología se pueda adaptar mejor a las limitaciones actuales del medio**. Si se trata de suelos erosionados y empobrecidos, se tendrá que forestar con **especies colonizadoras** propias del territorio, como suelen ser las coníferas y seriales de la región, plantas que puedan establecerse sobre suelos rasos y erosionados. Los pinos, sabinas y enebros –por ejemplo- son especies muy frugales; y, una vez instalados, su presencia favorece la introducción, bajo su cubierta, de aquellas otras más exigentes.

Una vez elegidas las especies con las que se puede repoblar, se tienen que aplicar técnicas de preparación del terreno adaptadas a las características y limitaciones de los suelos agrícolas. El objetivo es:

1. Facilitar la instalación y permanencia de las especies a implantar.
2. Ayudar en la creación progresiva de ecoclimas adecuados (Gandullo, 1990).

3. Que las especies con las que se repuebla, las técnicas que se emplean, y la organización silvícola de los trabajos y tratamientos, se oriente a conformar una comunidad vegetal poliestructurada y florísticamente diversa, evitando la formación de conjuntos monoespecíficos y coetáneos.

## 1.7. CONCLUSIONES

Los terrenos forestales y las tierras agrarias tienen notables diferencias ecológicas, y su forestación o reforestación deben tener bien presentes estas diferencias para poder adaptar las técnicas a emplear en cada caso.

- La recuperación forestal de los terrenos agrícolas debe procurar el aumento de la diversidad de los recursos, su estabilidad y su capacidad de usos múltiple. Se debe favorecer la forestación con especies mezcladas en la cual, cuando sea posible, se vea primado el papel de las dominantes locales, o (en su defecto) el de las subseriales más eficientes en la recuperación perseguida.
- Más allá de las fases de establecimiento, las tareas de reforestación deben conducir a un estado de “**naturalización**” sostenible, cuya viabilidad y capacidad de uso puedan evolucionar en consonancia con las características ecológicas, económicas y sociales del entorno. Los *inputs* de las fases iniciales, los cuidados culturales, y los tratamientos no pueden orientarse al permanente mantenimiento artificial de la masa.
- Los condicionantes previos a la forestación se pueden minimizar aplicando tratamientos culturales adecuados (escardas, desbroces y rozas selectivas, etc.), pero se controlan mucho mejor y de manera más eficaz mediante una preparación del suelo en los alrededores de cada planta, siendo desaconsejable eliminar la vegetación natural del entorno pues, si ésta tiene un cierto grado de madurez, su eliminación no hará más que favorecer la propagación de otras, más agresivas y de más difícil control.
- Los propósitos de “naturalización” obligan a no plantear una protección específica de la masa resultante ante posibles plagas y enfermedades. Al contrario, tales riesgos deben ser previstos: I) fomentando la diversidad de especies; II) planteando su diversidad estructural; y C) favoreciendo el máximo aprovechamiento del agua del suelo, ajustando la elección de los emplazamientos de cada especie en función de las variaciones espaciales de los impluvio y zonas de sedimentación.
- Los beneficios directos de las buenas prácticas de forestación los recibe, en primer lugar la vegetación que se ha instalado con la repoblación, pero también el agente que hace la inversión para repoblar y subsidiariamente la sociedad, pues si los directos los recibe el propio agente inversor, los indirectos es la sociedad la que los recibe.



# **Capítulo 2**

Esta definición, que resulta concreta e inequívoca para regiones de la fachada noroccidental de Europa y de Europa central, es en cambio ambigua y plantea problemas conceptuales en el ámbito mediterráneo. Así, el Real Decreto 6/2001, a los efectos de aplicación de estas ayudas, considera *"aquellas superficies que no estén catastradas como forestales y hayan tenido aprovechamiento agrícola o ganadero de forma regular desde diez años antes"*, incluyendo:

- a) Tierras ocupadas por cultivos leñosos.
- b) Tierras ocupadas por cultivos herbáceos.
- c) Huertos familiares.
- d) Prados naturales,
- e) Pastizales,
- f) Barbechos,
- g) Eriales a pastos.

Es cierto que en su enunciado, el Real Decreto 6/2001 sustituye el término de *"explotaciones agrarias"* empleado por el Real Decreto 378/93, por el de *"tierras agrícolas"*. Pero, en la enumeración de categorías catastrales susceptibles de recibir ayudas para forestación sigue incluyendo los *"eriales a pastos"*, basándose en una definición técnica objetiva que encubre la realidad territorial y paisajística de estos terrenos en España. Según el Real Decreto 6/2001, se entiende por eriales a pastos *"aquellas tierras agrícolas con orientación técnico-económica ganadera"*. Sin embargo, lo cierto es que en la mayor parte de los casos, y en función de las dinámicas socioeconómicas recientes, los eriales a pastos constituyen ecosistemas forestales consolidados (matorral y monte bajo), donde hace tiempo dejó de existir aprovechamiento ganadero, y cuya situación actual es el resultado de un proceso de abandono de aprovechamientos iniciado en los años sesenta. La concentración de la mayor parte de las forestaciones sobre este tipo de terrenos ha tenido consecuencias territoriales y paisajísticas que subrayan la especificidad del ámbito mediterráneo y la necesidad de tomar en consideración esta singularidad a la hora de definir las políticas territoriales.

## **2.1. FORESTACIÓN DE TIERRAS AGRARIAS EN EL ÁMBITO MEDITERRÁNEO**

### **2.1.1. INADECUACIÓN DE LAS MEDIDAS AGROAMBIENTALES EUROPEAS AL ÁMBITO MEDITERRÁNEO**

El primer comentario que necesariamente suscita el Programa de Forestación de Superficies Agrarias en España es la ambigüedad del término que maneja. El concepto *"agrario"* engloba, en español, tanto lo agrícola o agropecuario como lo forestal; y esto, unido a la propia especificidad del monte mediterráneo, donde frecuentemente coexisten o se suceden los usos agrosilvopastorales, introduce un clima de confusión conceptual que favorece el acceso a estas ayudas de todo tipo de tierras rurales, incluidas las propiamente forestales, las cuales a priori no deberían ser objeto de este programa (Montiel et al., 1999). De hecho, el Real Decreto 152/1996 incluye en la enumeración de superficies agrarias susceptibles de acogerse a las ayudas a los *"montes de alcornocal"* y el *"monte abierto y dehesas, siempre que las copas de arbolado no cubran más del 20% de la superficie y se utilice principalmente para pastoreo"*. Ha existido, en consecuencia, una amplia permisibilidad en la selección de los expedientes

que concurren a estas ayudas, como lo demuestra el tipo de usos de suelo sustituidos por la forestación.

Lo cierto es que la filosofía comunitaria original vinculada a la Reforma de la PAC (reducir excedentes y diversificar rentas y funciones agrarias) resulta de difícil aplicación en la Europa mediterránea debido fundamentalmente a la reducida productividad forestal de la mayor parte de las tierras. En el caso concreto de las regiones españolas, las parcelas forestadas son, en parte, terrenos que habían sido ya abandonados y que se encontraban en diferentes estadios de evolución espontánea hacia la reinstalación de la cubierta forestal cuando se llevaron a cabo las plantaciones. Así, muchas forestaciones se han ejecutado sobre ecosistemas forestales (dehesas, retamares, atochares...). Y todo ello favorecido por una normativa confusa que permite la transformación de "monte abierto" y de "erial a pastos", al tiempo que explicita que "en ningún caso pueden ser tierras abandonadas" y, por tanto, han de estar produciendo renta en las explotaciones.

La falta de adaptación del Reglamento (CEE) 2.080/92 a la especificidad mediterránea contrasta, por otra parte, con los criterios e índices utilizados para proceder a la distribución presupuestaria<sup>4</sup>, a los que se ha reprochado favorecer a las regiones mediterráneas a expensas de las atlánticas, más productivas en términos forestales. Pero lo que es evidente es que ha existido una insuficiente articulación entre esta iniciativa comunitaria de concesión de ayudas y lo que ello supone de actuación territorial, tanto a escala regional como comarcal. La necesidad de asimilar y adaptar un planteamiento en origen ajeno a las dinámicas territoriales del ámbito mediterráneo ha generado problemas de operatividad y eficacia. Por otro lado, esta falta de consideración por la normativa comunitaria de la especificidad mediterránea ha provocado que el desarrollo normativo regional haya optado por definir un marco de permisibilidad en la admisión de solicitudes que se ha plasmado, en la práctica, en el tipo de usos de suelo afectados por los trabajos de forestación y en los resultados socioeconómicos de estas ayudas. Se ha actuado de manera casi exclusiva sobre espacios en los que ya no existía ningún tipo de aprovechamiento agrario y con frecuencia en avanzado estado de naturalización.

### 2.1.2. ADAPTACIÓN DEL REGLAMENTO (CEE) 2080/92 AL CASO ESPAÑOL

El Programa de Forestación de Superficies Agrarias al que dio lugar el mencionado Reglamento (CEE) 2.080/92 ha permitido obtener una prima por veinte años a quienes se han acogido a él. La cuantía y duración de las ayudas, junto con otros factores secundarios, han justificado la importancia territorial que ha tenido en toda España, y en concreto en el ámbito mediterráneo. Se trata de un Programa de actuaciones vinculado a la PAC, pero el destino forestal de las superficies afectadas le aproxima y vincula a los planteamientos de la política forestal. Estas circunstancias y el hecho de que las subvenciones vayan dirigidas especialmente a los particulares y no al

<sup>4</sup> Criterios e índices fijados por las comunidades autónomas:

- Superficie agraria útil (SAU)
- Indicación de producción activa y producción agraria (calculada en función de la Producción Final Agraria, la población ocupada en el sector y la población que cotiza a la Seguridad Social Agraria)
- Índice de erosión
- Inverso de la productividad agraria media por hectárea

sector público, al que tradicionalmente se había orientado hasta la fecha la política forestal en España, de forma casi exclusiva, han permitido iniciar un cambio de mentalidad y avanzar hacia la gestión integrada del espacio rural, considerando al sector forestal parte del mismo que no puede tratarse de forma independiente y aislada (Ministerio de Medio Ambiente, 2000).

El régimen de ayudas se aplica a través de programas plurianuales, en los que se detallan cuestiones técnicas de importancia: cuantía y duración de las ayudas, condiciones para recibirlas, disposiciones de evaluación (ambiental y territorial), procedimientos de control, etc. En febrero de 1993 se planteó el Programa marco nacional, complementado por 17 programas regionales (julio de 1993)<sup>5</sup>, que a su vez pueden desarrollarse a través de programas de zonas de forestación que reflejen la diversidad del medio ambiente, de las condiciones naturales y de las estructuras agrícolas. El período de aplicación inicialmente previsto (1993-1997), fue prorrogado al período 1998-2000 al no cumplirse todos los objetivos.

**CUADRO 1. OBJETIVOS PREVISTOS Y RESULTADOS DEL PROGRAMA DE FORESTACIÓN DE TIERRAS AGRARIAS (1993-1999)**

| COMUNIDAD AUTÓNOMA     | SUPERFICIE PREVISTA<br>(ha) | SUPERFICIE<br>FORESTADA (ha) | % FORESTADO/<br>PREVISTO |
|------------------------|-----------------------------|------------------------------|--------------------------|
| ANDALUCÍA <sup>6</sup> | 250.000                     | 154.072                      | 61,62%                   |
| ARAGÓN                 | 30.880                      | 4.761                        | 15,4 %                   |
| ASTURIAS               | 15.080                      | 7.705                        | 51,1 %                   |
| BALEARES               | 6.080                       | 949                          | 15,6 %                   |
| CANARIAS               | 5.560                       | -                            | 0,0 %                    |
| CANTABRIA              | 3.560                       | 492                          | 13,8 %                   |
| CASTILLA-LA MANCHA     | 126.113                     | 64.474                       | 51,1 %                   |
| CASTILLA Y LEÓN        | 110.000                     | 89.018                       | 80,9 %                   |
| CATALUÑA               | 23.720                      | 1.640                        | 6,9 %                    |
| EXTREMADURA            | 89.000                      | 41.687                       | 46,8 %                   |
| GALICIA                | 65.000                      | 24.866                       | 38,2 %                   |
| Madrid                 | 10.000                      | 6.019                        | 60,2 %                   |
| MURCIA                 | 9.080                       | 6.573                        | 72,4 %                   |
| NAVARRA                | 4.500                       | 1.447                        | 32,2 %                   |
| LA RIOJA               | 4.000                       | 1.369                        | 34,2 %                   |
| COM. VALENCIANA        | 23.520                      | 6.251                        | 26,6 %                   |
| PAÍS VASCO             | 30.500                      | 24.414                       | 80,0 %                   |
| <b>TOTAL</b>           | <b>806.593</b>              | <b>435.737</b>               | <b>54,0 %</b>            |

Fuente: Dirección General de Desarrollo Rural (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación) y Junta de Andalucía.

El caso español es una de las diferentes respuestas nacionales que se ha dado a la promulgación del Reglamento (CEE) 2.080/92, ya que puede hablarse de una especificidad nacional –e incluso regional- en la aplicación de estas medidas (Barrué-

<sup>5</sup> Todos ellos recibieron la aprobación por Decisión de la Comisión Europea de 27 de abril de 1994.

<sup>6</sup> En los cinco años de aplicación del régimen de ayudas para fomentar inversiones forestales en tierras agrarias (Decretos 73/1993 y 50/1995) se han aprobado actuaciones (forestación y mejora de monte alcornocal) sobre una superficie de 213.119,94 ha.

Pastor *et al.*, 1995). De hecho, diferentes trabajos han puesto de manifiesto la existencia de marcadas diferencias en la aplicación y en los resultados del Programa Nacional de Forestación de Tierras Agrarias entre las diferentes regiones españolas (Bona *et al.*, 1997; Gómez-Jover y Jiménez, 1997; Montiel, Galiana y Navarro, en prensa). Esto es consecuencia no sólo de los contrastes ecológicos, históricos y socioeconómicos, sino también y sobre todo de las diferencias en las decisiones y en los medios con que la Administración Autónoma ha dirigido en cada caso la aplicación de esta medida.

En la Comunidad de Madrid, por ejemplo, el Programa ha financiado durante el período 1993-1998, 237 solicitudes que suponen la forestación de 5.981,75 ha y una inversión total durante los seis años de unos 2.000 millones de pesetas (Comunidad de Madrid, 1999). Sin embargo, y a pesar de la magnitud de las cifras, esta medida no ha tenido los efectos económicos (retirada de tierras de la producción) ni sociales (compensar la renta de la población rural) esperados. Además, la falta de planificación y la ausencia de criterios técnicos y territoriales en la gestión del Plan ha convertido al mismo en la suma de un conjunto desordenado de actuaciones puntuales y desarticuladas, sin una estrategia de carácter general claramente definida (Montiel *et al.*, 1999).

El *Programa de Forestación de Tierras Agrarias de la Comunidad de Madrid (1993-1999)* ha sido, en realidad, sólo una línea de subvenciones inicialmente regulada por la Orden 1432/1993, y más tarde por la Orden 3040/1997 de la Consejería de Economía y Empleo, que adaptan a la Comunidad de Madrid, respectivamente, el Real Decreto 378/1993 y el 152/1996, promulgados para la aplicación en España del Reglamento (CEE) 2080/1992. No ha existido un verdadero Programa, ni una estrategia regional que haya orientado las actuaciones hacia unos determinados objetivos; tan sólo una línea de subvenciones cuya aplicación se ha basado en la publicación de sucesivas convocatorias anuales en función del presupuesto disponible.

En cualquier caso, lo que se deriva de las cifras absolutas de cada una de las comunidades autónomas, es que nos encontramos ante una iniciativa sectorial cuyas repercusiones territoriales, aún difíciles de calibrar, son innegables. El Programa de Forestación de Superficies Agrarias está favoreciendo un proceso repoblador que alcanza unas cifras de más de 70.000 ha por año. O lo que es lo mismo, y tomando como referencia una de las mayores transformaciones paisajísticas de la historia contemporánea: se está repoblando a un ritmo próximo al alcanzado por las actuaciones forestales públicas entre los años 1950-1970, momentos de máxima intensidad del proceso repoblador en España (Gómez y Mata, 1991, p. 41). Pero frente al carácter unitario de las actuaciones públicas desarrolladas entre los años 1940 y 1980, con unos objetivos claramente definidos (obtención de productos directos, madera, resinas, piña, etc. y protección de cuencas), el proceso que ahora analizamos surge de la suma de múltiples iniciativas privadas inconexas, con unas directrices emanadas desde las distintas administraciones (desde la Unión Europea a los gobiernos regionales) absolutamente carente de objetivos territoriales y sólo con vagas indicaciones ambientales (recomendaciones acerca de las especies más adecuadas). Por otro lado, y debido a diferentes razones que se exponen más adelante, las operaciones realizadas presentarán en el futuro problemas para garantizar su viabilidad y no aseguran un esperanzador futuro en todas las nuevas masas forestales.

Pero si discutibles son, desde el punto de vista territorial, los planteamientos y primeros logros del Programa, la situación presenta también algunas limitaciones desde una perspectiva social. Los objetivos sociales que también se atribuyen al programa, y que se reflejan en los RRDD 378/1993 y 152/96 bajo la idea de aportar una inyección de dinero al campo, tampoco se han cumplido de una manera satisfactoria. Por diversas razones, la mayor parte de los titulares de explotaciones agrarias que se han acogido a esta línea de subvenciones en España han sido en muchos casos personas no directamente vinculadas al medio rural y entidades públicas (ayuntamientos). En general, no se ha logrado una máxima aceptación por parte de agricultores a título principal (ATPs) y menos aún la sustitución de aprovechamientos agrícolas (Gómez-Jover y Jiménez, 1997). La forestación de tierras agrarias ha sido, en muchos casos, una alternativa para tierras agrarias ya abandonadas. La mayor parte de las tierras afectadas son, por tanto, espacios improductivos cuyo titular no está directa ni principalmente vinculado con el sector primario (Montiel, Galiana y Navarro, en prensa).

## 2.2. COMPONENTES Y DINÁMICAS DEL PAISAJE AGRARIO MEDITERRÁNEO

El paisaje mediterráneo, reconocido al mismo tiempo por su singularidad y por su extraordinaria diversidad, "es la expresión y el espejo más directamente perceptible de las transformaciones de nuestros territorios" (Arias y Fourneau, 1998, p. 9). Su especificidad obedece a las componentes materiales e inmateriales que lo definen. Las primeras están relacionadas con los aspectos naturales, especialmente con el clima mediterráneo; y las componentes inmateriales, con los aspectos culturales, derivados de la participación humana a lo largo de la historia mediante el aprovechamiento y la gestión del territorio.

La presencia del mar, pero sobre todo la arquitectura de la cuenca, rodeada por montañas que le confieren un carácter cerrado, complejo, fragmentado, y que convierten a estas regiones en retablos montañosos rematados por llanos de inundación, es el primer elemento que condiciona las características territoriales del ámbito mediterráneo. Y junto a la orografía montañosa, un clima marcado por el elevado número de días de insolación y por la escasez e irregularidad pluviométrica determina el predominio de suelos pobres (salvo en los llanos aluviales) y de una vegetación esclerófila, adaptada a las condiciones del medio. El clima es, de hecho, uno de los factores que más influyen en el éxito o en el fracaso de las forestaciones de tierras agrarias a través de las sequías, el riesgo climático de mayor gravedad que sufren las regiones mediterráneas<sup>7</sup>.

Las componentes naturales del paisaje definen de esta manera unos ecosistemas caracterizados por la biodiversidad y por la fragilidad de los equilibrios ecológicos pero, al mismo tiempo, con una extraordinaria capacidad de regeneración natural que puede verse, no obstante, afectada por actuaciones humanas inadecuadas con carácter repetido y frecuentes en el tiempo. De hecho, los paisajes mediterráneos cuentan con una marcada componente humana. La presencia y la actividad humana han estado presentes

<sup>7</sup> El Real Decreto 152/1996 que modifica el Real Decreto 378/93 se hizo eco de este problema señalando la conveniencia de "tener en cuenta los años en que se producen sequías prolongadas, que pueden destruir la mayor parte de las plantaciones si no se adoptan las medidas necesarias", y dio origen a un proceso general de modificaciones en el mismo sentido de las órdenes autonómicas.

desde el mismo origen de los ecosistemas, como agente y elemento constitutivo de los mismos.

El paisaje agrario mediterráneo es un mosaico construido y modelado por el aprovechamiento, la gestión y las actividades humanas a lo largo de la historia. La sociedad ha sido artífice de la biodiversidad mediante la diversificación de usos en el territorio y a través de la puesta en valor de las tierras agrícolas y forestales para el aprovechamiento de los recursos. La diversidad biológica y paisajística del monte mediterráneo es tanto mayor cuando existe una presencia humana activa en equilibrio con la dinámica del ecosistema natural. La alteración de dicho equilibrio como consecuencia del abandono o de la intensificación desordenada de la intervención humana desencadena, respectivamente, procesos de banalización y de degradación de la biodiversidad y del paisaje.

El paisaje mediterráneo es, en consecuencia, uno de los más artificiales del mundo (Drain, 1998, p. 25). Las formas y dinámicas que lo definen son, en buena medida, el resultado de los procesos de adaptación de las sociedades humanas a las condiciones naturales (Mata, 2001). Tanto las tierras de cultivo (secanos y regadíos) como los espacios forestales son *paisajes construidos* que cuentan con una fuerte carga cultural. Las formas tradicionales de organización del espacio están en el origen de los estereotipos paisajísticos mediterráneos. Así, la práctica de la ganadería trashumante de ganado menor ha dado origen a la articulación de los sistemas complejos de explotación agrosilvopastoral que constituyen las dehesas. Igualmente, la adaptación de las prácticas agrícolas a la escasez de recursos hídricos a través de la arboricultura (olivo, almendro, algarrobo, higuera) y la necesidad de crear y retener suelos ha inducido el aterrazamiento de laderas. Por último, la estructura de la propiedad y una serie de factores subjetivos relacionados con la mentalidad del agricultor mediterráneo son también elementos constitutivos y factores condicionantes de las dinámicas del paisaje.

### 2.3. VALORACIÓN TERRITORIAL DEL PROGRAMA DE FORESTACIÓN DE SUPERFICIES AGRARIAS EN ESPAÑA

A pesar de haber sido planteado desde una perspectiva sectorial agraria, la aplicación del Programa de Forestación de Superficies Agrarias y del resto de las medidas agroambientales de la PAC ha tenido importantes consecuencias territoriales de carácter general en España, por tratarse de interesantes instrumentos de gestión del espacio rural. Sus resultados socioeconómicos y paisajísticos han estado fuertemente condicionados por la formulación normativa con que se adaptó en cada región el Real Decreto 378/93 y por la instrumentación de esta línea de subvenciones a escala regional. De todos modos, los factores que han influido en la decisión de los titulares de explotación de acogerse al Programa de Forestación de Tierras Agrarias han guardado más relación con la especificidad territorial y con razones de tipo social que con las características geoecológicas<sup>8</sup> y con los estímulos administrativos arbitrados desde la normativa nacional y autonómica para favorecer determinados objetivos.

---

<sup>8</sup> Las características geoecológicas no actúan como factor de diferenciación sino como elemento unificador, ya que prácticamente todas las forestaciones se han llevado a cabo en el dominio de la marginalidad, sobre terrenos de valoración agrológica baja.

En la región de Madrid el desarrollo del Programa de Forestación de Superficies Agrarias se ha basado exclusivamente en la aplicación rigurosa de los criterios de priorización en la concesión de ayudas definidos en el Programa Nacional. a pesar de existir una Comisión de Evaluación del Programa con capacidad para adaptar y aplicar estas normas generales a la especificidad de la región. La Consejería se ha limitado a establecer límites máximos de superficie financiable en caso de que la demanda exceda la disponibilidad presupuestaria de la campaña (30 ha en 1993 y 50 ha en los años sucesivos). No ha existido, en consecuencia, una discriminación selectiva de las solicitudes en función de su localización geográfica ni una ponderación de las ayudas según las características geocológicas de los terrenos afectados.

Otras comunidades autónomas, como Valencia, han definido criterios territoriales propios que completan el de la tipología del titular que establece la legislación nacional. También en Andalucía inicialmente se adaptó la norma nacional, de origen comunitario, a las necesidades y estrategias de la región y se instrumentó una política territorial con objetivos diversos: aumentar el tamaño de las formaciones boscosas preexistentes, beneficiar a zonas preferentes, prevenir el riesgo de erosión, etc (Decreto 73/1993). Posteriormente la administración andaluza hizo un esfuerzo de mejora del Decreto (Decreto 50/1995), pero sin llegar a lograr una verdadera adecuación a sus necesidades, en parte por las rigideces de la norma nacional y del Ministerio de Agricultura a la hora de flexibilizar la adaptación de las normas autonómicas.

### 2.3.1. CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA DE LOS BENEFICIARIOS DE LA AYUDAS PARA FORESTACIONES

Entre los factores que más influyen a los titulares de **tierras agrarias** a la hora de decidir su incorporación al Programa de Forestación **destacan**, sin duda, las características propias de la cultura y de la mentalidad mediterráneas. Uno de los aspectos fundamentales para entender las reacciones de los propietarios es el valor social que tiene la propiedad de la tierra en el ámbito mediterráneo. **Además, en las comarcas más influidas por las dinámicas urbana y terciaria, juegan un papel decisivo en la actitud de los propietarios las expectativas a medio-largo plazo de obtener beneficios económicos a través de la venta y urbanización de la finca.**

El hecho de que las forestaciones se hayan llevado a cabo en muchos casos sobre espacios sin uso agrícola, en algunos de los cuales existían ya procesos consolidados de regeneración de la vegetación, se entiende a menudo en función de actitudes preventivas frente a la posible depreciación del valor de la finca que pudiera suponer actualmente un cambio de usos del suelo. La forestación de tierras agrarias es percibida por los propietarios como una hipoteca que, además de restringir las posibilidades de uso del suelo durante un periodo de veinte años, reduciría considerablemente su valor<sup>9</sup>. Sin embargo, estas actuaciones sí cuentan con un claro interés económico en el caso de tierras improductivas (eriales a pasto) ya que permiten obtener y asegurar una renta de las mismas sin condicionar un cambio de clasificación catastral no deseado por el

<sup>9</sup> Según la Consejería de Medio Ambiente de la Comunidad de Madrid (*Boletín Agrario* nº 26, noviembre 2000, p. 8), en 1999 el precio de la tierra de labor de secano en la región era 711.000 pts./ha. y el de pastizales en secano, 295.000 pts./ha.

titular. En este sentido, se puede afirmar que en la región de Madrid, así como en otras comunidades autónomas, la forestación de tierras agrarias ha sido una oportunidad para la valorización/capitalización de la gran propiedad rústica que ha tenido efectos económicos y ecológicos muy dispares (Lacasta y Mata, 2000).

En cualquier caso, las motivaciones que han inducido la incorporación de los agricultores al Programa de Forestación de Superficies Agrarias son muy diversas:

- Obtención de rentas inmediatas de terrenos con escaso o nulo valor productivo, en algunos casos, sin una idea clara del compromiso a largo plazo (mantenimiento de la forestación), que los trabajos de forestación suponen.
- “Rentabilizar” tierras actualmente improductivas buscando una cierta integración con los usos dominantes de la explotación (usos ganaderos, agrícolas o cinegéticos compatibles con la vocación forestal).
- Mantenimiento de la actividad agraria atenuada, especialmente ante la proximidad de la edad de jubilación.
- Obtención y comercialización a medio plazo de productos forestales tales como frutos (nogal, piña, algarroba, etc.) o madera de especies de rápido crecimiento, aunque en el entorno mediterráneo el largo período para la obtención de productos ha limitado mucho estas expectativas.
- Revalorizar la explotación mediante la incorporación del árbol en terrenos abandonados o en fincas sin aprovechamiento, que persiguen diversificar y mejorar la imagen y características de la finca.

### 2.3.1.1. El caso de la región de Madrid

En la Comunidad de Madrid, el desarrollo del Programa de Forestación de Superficies Agrarias ha estado condicionado por el carácter metropolitano de la región (Lacasta y Mata, 2000). Entre los factores que han influido en la especificidad de este modelo regional de forestaciones podemos destacar las presiones urbanas sobre el medio rural, la escasa representación socioeconómica y territorial de la agricultura, los niveles de contaminación y degradación del medio natural y la demanda de espacios de ocio con valor paisajístico para consumo de la población urbana. La suma de estas circunstancias explica que los solicitantes que han concurrido a estas ayudas sólo excepcionalmente sean ATPs. La mayoría son propietarios de fincas extensas, a veces agrícolas, otras de monte, que tuvieron en su mayoría un aprovechamiento ganadero hasta hace poco tiempo y que desean repoblar terrenos marginales y obtener una renta durante los próximos veinte años a algo que no les da beneficio alguno. Este tipo de solicitantes (grandes propietarios cuya renta principal no procede del sector primario), que suelen presentarse tras la figura jurídica de una sociedad anónima, son junto con los ayuntamientos los principales beneficiarios del Programa en la Comunidad de Madrid.

En definitiva, la mayor parte de los beneficiarios de las ayudas para forestación de tierras agrarias, en Madrid y en el resto de las comunidades autónomas, han sido personas “no rurales” y entidades públicas. Es rara la concurrencia de ATPs y, más aún, la sustitución de aprovechamientos agrícolas. Las tierras afectadas por las forestaciones han sido generalmente espacios improductivos, en algunos de los cuales existían ya procesos consolidados de regeneración de la vegetación espontánea. Es comprensible, por otra parte, que así haya sido si pensamos que el precio de la hectárea de secano en Madrid oscila en torno a 700.000 pesetas, mientras que la hectárea de monte alcanza

como máximo el precio de 300.000 pts<sup>10</sup>. En el primer caso la forestación supone una hipoteca que, además de restringir las posibilidades de uso del suelo, reduce considerablemente su valor. En el segundo, las actuaciones tienen un claro interés económico porque permiten obtener y asegurar una renta a unas tierras improductivas de reducido valor. En este sentido, se puede afirmar que, en la región de Madrid, el Programa de Forestación de Superficies Agrarias ha sido una oportunidad para la valorización de la gran propiedad rústica con efectos paisajísticos muy dispares (Lacasta-Mata, 2000).

Desde el punto de vista territorial, y partiendo de la figura del beneficiario como principal factor de la clasificación, podríamos establecer una tipología de los trabajos de forestación de tierras agrarias en la Comunidad de Madrid que nos permitiría diferenciar las siguientes situaciones:

***A) Forestaciones de agricultores en activo.***

Suelen ser plantaciones de extensión reducida (menos de 5 ha.) y carácter fragmentado, que ocupan tierras marginales de la explotación. Casi siempre son realizadas por el propio beneficiario, que también realiza regularmente los trabajos de mantenimiento, a menudo con tratamientos propios de las labores agrícolas. Son frecuentes las labores de arado, tanto en las tareas previas de preparación del suelo, como en los trabajos posteriores de mantenimiento, con objeto de eliminar las especies anuales que puedan competir con la plantación. El resultado suele ser un “cultivo de árboles forestales”, de una marcada regularidad y homogeneidad desde el punto de vista paisajístico. Estos agricultores cuentan a veces con inquietudes de signo ecologista que les conducen a contribuir a la biodiversidad mediante la creación de espacios singulares de especial valor ecológico.

***B) Forestaciones de agricultores jubilados***

Al igual que en la categoría anterior, son plantaciones que presentan prácticamente el 100% de éxito y que son objeto de constantes trabajos de mantenimiento. En estos casos, el beneficiario se acoge a las medidas para mantener una actividad agraria atenuada y dar una utilidad y un valor a largo plazo a unas tierras que, por falta de relevo generacional, quedarían en otro caso abandonadas. Las motivaciones, en consecuencia, tienen un matiz pragmático y emocional. La forestación es, para el agricultor jubilado una fórmula que le permite mantener su vínculo con la actividad agraria.

***C) Forestaciones en grandes fincas de vocación preferentemente forestal.***

Se trata de fincas que suelen ser objeto de un uso recreativo y cinegético de fin de semana y que disponen de un reducido número de personal encargado de su gestión y mantenimiento. Los propietarios, residentes en la capital o en otros núcleos urbanos, tienen sus principales centros de atención en otros lugares y actividades. Las plantaciones son, en la mayor parte de los casos, realizadas

---

<sup>10</sup> Según la Consejería de Medio Ambiente de la Comunidad de Madrid (*Boletín Agrario*, nº 26, noviembre 2000, p. 8), en 1999 el precio de la tierra de labor de secano era 711.000 pts./ha. y el de pastizales en secano, 295.000 pts./ha.

por una empresa forestal y suelen llevarse a cabo sobre terrenos ya colonizados por comunidades vegetales de carácter forestal. Los trabajos de mantenimiento se reducen a la reposición de marras de acuerdo con las condiciones del contrato firmado con la empresa. Los resultados más frecuentes son las marras generalizadas a partir del segundo o tercer año por abandono de la plantación y la continuidad de las dinámicas forestales ya existentes en el momento de la ejecución de los trabajos.

***D) Forestaciones en terrenos marginales de grandes fincas de producción agrícola.***

Al igual que en el caso anterior, los solicitantes suelen concurrir a la convocatoria de estas ayudas bajo la figura de sociedades anónimas. Las forestaciones suelen llevarse a cabo conforme a un modelo de gestión mixta, mediante la colaboración de empresas forestales y personal propio de la finca. Se trata de actuaciones que responden a estrategias de diversificación paisajística y mejora de la finca, por lo que los trabajos se desarrollan sobre tierras marginales, situadas a menudo sobre cuestas y taludes.

Aunque suelen ser plantaciones realizadas con marcos regulares y, en ocasiones, responden mejor a la definición de “monocultivos forestales” que a la creación de futuros ecosistemas forestales, su resultado puede valorarse positivamente en términos de mejora paisajística de la finca. De esta manera se ve reforzada la correlación positiva que existe en Madrid entre los sectores donde predomina la gran propiedad y los paisajes rurales de calidad y buen estado de conservación (Gómez, 1999; Lacasta, 1998). Además, considerando la escasa representación territorial del monte –especialmente de las especies arbóreas- en la comarca Sureste de la región, donde suelen concentrarse estas actuaciones, la contribución de estas plantaciones a la biodiversidad comarcal es también positiva. Las áreas forestadas constituyen futuros refugios para la caza menor, favoreciendo, de esta manera, el desarrollo a medio plazo de los usos cinegéticos. Por último, su adecuación a los planteamientos de la normativa comunitaria, justifica una valoración positiva de estas actuaciones.

***E) Forestación de tierras municipales con fines sociales.***

Se plantean por parte de los ayuntamientos con la finalidad social de crear parques periurbanos y zonas verdes en el municipio y suelen estar asociadas a cursos fluviales. Generalmente son plantaciones con especies de rápido crecimiento, gestionadas por una Concejalía de Medioambiente que garantiza la ejecución de los trabajos de mantenimiento.

***F) Forestaciones de tierras municipales abandonadas.***

En estos casos, el promotor de los trabajos no es el ayuntamiento, sino una empresa forestadora que se encarga de tramitar la solicitud de la ayuda y de ejecutar la forestación. Pero la excepción de primas de mantenimiento a corporaciones municipales que establece la normativa regional y la falta de atención posterior a estos trabajos por parte de los ayuntamientos ha conducido en la mayor parte de los casos, al fracaso de las forestaciones. Sólo en el

supuesto de que las tierras afectadas presenten óptimas condiciones edáficas, se mantienen las especies introducidas, aunque encubiertas por una densa vegetación herbácea que compite con ellas.

### 2.3.1.2. El caso de la provincia de Valencia

Los resultados territoriales de la aplicación del Programa de Forestación de Tierras Agrarias en la provincia de Valencia son muy diferentes a los de Madrid, en gran parte como consecuencia de las diferencias regionales entre uno y otro caso. Frente al carácter meseteño y metropolitano de Madrid, fuertemente condicionada por las presiones urbanas sobre el medio rural, con una escasa representación socioeconómica y territorial de la agricultura y con una elevada demanda de espacios de ocio con valor paisajístico para consumo de la población urbana, Valencia es un ejemplo de región litoral mediterránea de economía diversificada, con fuertes contrastes socioeconómicos y territoriales entre la franja litoral y el espacio interior, y donde las actividades del sector primario han mantenido su importancia económica y territorial.

En la provincia de Valencia se han tramitado 352 expedientes durante el período 1993-1999, lo que ha supuesto la forestación de 4.406,30 ha. A pesar del mayor número de beneficiarios, la superficie afectada ha sido sensiblemente inferior a Madrid. Y las diferencias son más expresivas si comparamos los valores a escala regional. aun ponderando los mismos en función de las diferentes extensiones superficiales de ambas comunidades autónomas. Efectivamente, el número de actuaciones realizadas en la región levantina excede el doble de las llevadas a cabo en la región central: 634 expedientes en la Comunidad Valenciana frente a 304, durante el mismo período, en la Comunidad de Madrid. Estos datos ponen de manifiesto el gran condicionamiento que impone la estructura de la propiedad en la aplicación de esta línea de subvenciones.

El predominio del minifundismo y el carácter atomizado de las parcelas en la mayor parte de las explotaciones agrarias valencianas ha sido uno de los obstáculos principales al desarrollo del Programa en la región, en general, y en la provincia en particular. En la mayor parte de las comarcas montañosas resulta difícil cumplir la condición establecida por la normativa respecto a la superficie mínima exigida a las actuaciones: "las ayudas se concederán cuando la superficie a forestar alcance un mínimo, en coto redondo, de 3 ha, sea éste de uno o varios solicitantes, excepto cuando se trate de superficies agrarias que den continuidad a una masa forestal ya constituida, en cuyo caso no se establece ningún límite inferior de superficie". Esta condición permite entender el desequilibrio espacial en el desarrollo del Programa de Forestación de Tierras Agrarias en la Comunidad Valenciana y el protagonismo que adquiere la provincia de Valencia frente a Alicante y Castellón, donde el minifundismo, la fragmentación de las explotaciones agrarias y la complejidad del relieve son mayores.

En realidad, las forestaciones se han concentrado en las hincas de mayor extensión situadas en los valles y altiplanicies del interior de la provincia de Valencia, por ser las mejor adaptadas desde los puntos de vista territorial y socioeconómico a las condiciones de esta línea de subvenciones. Destaca, en especial, la concentración de

actuaciones en el Valle de Ayora<sup>11</sup>, donde coinciden dos circunstancias interesantes: la condición de tierras bajas de relieve llano y la existencia de fincas extensas. De todas maneras, aun en el supuesto de que las actuaciones realizadas alcanzaran un valor próximo a la media nacional, el alto grado de fragmentación de las mismas habitualmente obliga a ponderar la valoración paisajística y territorial de los resultados, ya que las plantaciones suelen estar divididas en gran número de parcelas de extensión muy reducida y perímetros irregulares.

### 2.3.1.3. El caso de Andalucía

Como tercer ejemplo regional, Andalucía muestra en la especificidad del espacio mediterráneo semiárido, donde el sector primario todavía juega un papel fundamental y la población rural posee aún una importancia innegable (Montiel, Galiana y Navarro, en prensa).

La línea de subvenciones a forestaciones en tierras agrarias ha sido regulada en la Comunidad Autónoma de Andalucía por las Ordenes 73/93 y 50/95 de la Consejería de Agricultura y Pesca. A lo largo del período 1993-1997 se había tramitado en esta línea 4.922 expedientes y se había forestado 154.072 ha<sup>12</sup>, lo que supone una inversión total de 47.212.620 pts. en concepto de ayudas a la forestación y representa un total del 83,80% del total invertido en la ejecución del programa (sin contar las primas de mantenimiento y compensatoria). La provincia con un mayor número de expedientes concedidos es Huelva con 1.568, que representan el 31,58% del total y una superficie acogida de 59.998 ha (38,94% del total). Las solicitudes aprobadas en Córdoba constituyen tan sólo el 4,16% y junto a Cádiz alcanzan poco más de 3.000 ha, siendo éstas las provincias menos beneficiadas. La categoría catastral más frecuente en los expedientes tramitados ha sido erial a pastos, en casi todos los casos terrenos sujetos (al menos en teoría) a un aprovechamiento ganadero extensivo, con fuerte presencia de matorrales de porte variable, principalmente jarales (*Cistus* sp.), tomillares (*Thymus* sp.), espartizales (*Stipa tenacissima*, L.), y en menor medida terrenos ocupados por vegetación herbácea.

El perfil de los solicitantes que han concurrido a estas ayudas ha sido muy variado, dependiendo de la provincia e incluso de la comarca, dada la gran variedad socioeconómica del medio rural andaluz. Los tipos de titulares corresponden a ATPs que, bien dependen en sus rentas casi totalmente de la agricultura, o dedican a esta actividad una parte significativa de su tiempo; grandes propietarios o propietarios que no dependen significativamente de la generación de rentas por la agricultura, y ayuntamientos (estos dos últimos suelen recurrir a la figura de sociedades agrícolas). Los ATPs y propietarios agrícolas en general presentan características muy heterogéneas, si bien puede decirse que los agricultores de terrenos con una producción agrícola sostenida (herbáceos principalmente) han visto con recelo el programa, al igual que los propietarios de explotaciones ganaderas. Esto puede explicarse por la

<sup>11</sup> El Valle de Ayora representa, en términos medios, la mitad de la superficie forestada anualmente en la provincia de Valencia. Le siguen en orden de importancia las comarcas de Requena, Utiel y Los Serranos, que representan conjuntamente aproximadamente el 35% de la superficie total.

<sup>12</sup> El mayor número de solicitudes aprobadas tiene lugar en el año 1997 con un total de 1.218; el número mínimo se produce en el año de inicio de esta línea de ayudas. Actualmente (diciembre 2001), se estima que la superficie total forestada en la región es de unas 180.000 ha.

posibilidad de acogerse a otras ayudas o por ser la forestación incompatible con el aprovechamiento actual (ganado ovino y vacuno).

La consideración de la forestación desde el punto de vista del propietario no parece tanto asociada a la superficie (pequeño o gran propietario) como al carácter del mismo, es decir, a su mentalidad de agricultor/ganadero o de propietario pasivo de una finca rústica. Entre los grandes propietarios del primer tipo la forestación sólo ha tenido interés si la finca tenía terreno baldío, sin aprovechamiento agrícola directo; mientras que los segundos han encontrado en la forestación una fuente fácil (especulativa) para movilizar un terreno que, pudiendo ser agrícola, estaba abandonado. En la Comunidad de Andalucía, al igual que en otros casos, ha sido poco frecuente la sustitución de cultivos agrícolas por forestaciones, aunque en determinadas comarcas (Andévalo) esto sí ha ocurrido.

Generalizando a partir de la clasificación propuesta para la Comunidad de Madrid y particularizando para el caso de Andalucía, dentro de la población más directamente vinculada al mundo rural, en la que se incluye a los titulares de explotaciones agrarias que han accedido a estas ayudas en concepto de ATPs, Navarro Cerrillo ha diferenciado tres tipos de beneficiarios:

1. **Los agricultores y ganaderos cuyas rentas actuales dependen de sus explotaciones** han presentado, en general, un gran escepticismo ante el programa, en particular los ganaderos, que lo han visto como ineficaz para cubrir sus necesidades (por ejemplo, regeneración de dehesas). A esto se ha unido una desconfianza general sobre la futura "titularidad", en términos de uso de las tierras (derivado de la nueva consideración de los terrenos como forestales). En esta situación, han sido pocos los agricultores y ganaderos en activo que se han incorporado al programa; sólo en algunos casos, cuando contaban con terrenos muy marginales, han realizado pequeñas plantaciones buscando con esta línea de subvención un complemento y diversificación de las rentas. En cierta medida, el escaso éxito entre estos propietarios demuestra una concepción equivocada al querer convertir al agricultor tradicional en un "agricultor-selvicultor", lo cual es más propio de ámbitos donde la actividad forestal puede generar rentas directas en períodos cortos (áreas de climas atlánticos), pero muy difícil en ambientes mediterráneos.
2. **Algunos agricultores y ganaderos próximos a la edad de jubilación** han pretendido también en Andalucía dar una utilidad y un valor a largo plazo, a través de esta línea de subvenciones, a tierras cuyo aprovechamiento agrario por parte de los herederos parece improbable. En general, han sido expedientes de poca superficie y sólo una parcela, por lo que estas actuaciones no se plantean para obtener una renta interesante, sino como una fórmula que permite al agricultor mantener su vínculo con la actividad agraria. Los expedientes de este tipo se encuentran entre los de resultados de mayor éxito en la plantación.
3. En tercer lugar, podemos reconocer un cierto número de **titulares de grandes fincas de producción agrícola** que han concurrido a la convocatoria de estas ayudas bajo la figura de ATPs debido a la renta que

obtienen de su explotación. En este caso, y para Andalucía, conviene hacer una separación.

Un primer grupo de titulares de este tipo, aun generando rentas importantes en actividades complementarias a la agricultura, mantienen una relación muy próxima económica y “sentimentalmente” a sus explotaciones. En este caso, dada la disponibilidad de recursos propios (“capacidad de riesgo”), han realizado varios trabajos de plantación en años consecutivos y sobre grandes superficies. En muchos casos, se ha tratado de un “proceso de aprendizaje” que les ha ido permitiendo mejorar la calidad de sus trabajos hasta lograr en algunas comarcas un cambio extraordinario del paisaje y de la actividad económica. En este sentido cabe destacar el Andévalo en Huelva, pero también la comarca de Huéscar en Granada.

En segundo lugar, se puede encontrar un tipo de gran propietario agrícola, que no mantiene un vínculo directo con la explotación; se trata, en general, de personas no residentes que desarrollan diferentes profesiones liberales y cuentan con su domicilio en la capital. En este segundo caso, los propietarios han visto una excelente oportunidad para obtener un valor añadido normalmente de tierras baldías que no les reportaban ningún beneficio. Los trabajos se han encargado generalmente a técnicos y empresas y el titular no ha realizado casi nunca una mínima supervisión. Esto ha generado, en muchos casos, fracasos de la forestación y ha ocasionado problemas indirectos a la propiedad, debido a la falta de un interés real y a la improvisación de muchos de los trabajos.

### 2.3.2. TIPIFICACIÓN DE LAS SUPERFICIES FORESTADAS

Los resultados del Programa Marco Nacional de Forestación de Superficies Agrarias han sido, en general, la suma de un conjunto desordenado de actuaciones puntuales y desarticuladas, de viabilidad compleja y sin una estrategia de carácter general claramente definida. La distribución geográfica de las actuaciones y de la superficie forestada en las diferentes regiones y provincias mediterráneas españolas no ha estado realmente dirigida ni condicionada por las administraciones autonómicas, sino que ha obedecido a la respuesta espontánea de los titulares de tierras agrarias a las sucesivas convocatorias anuales.

En el caso de Madrid, el reparto geográfico de las actuaciones y de la superficie forestada muestra una mayor concentración en los sectores sureste y suroeste de la región, sobre tierras de piedemonte y de campiña/páramo. En la sierra se han presentado pocas solicitudes y en las vegas hay algunas actuaciones de ribera con especies de crecimiento rápido. La concurrencia mayoritaria ha sido de grandes propietarios cuyas fincas se localizan con mayor frecuencia en las zonas señaladas.

Mapa 1: Distribución geográfica de las actuaciones del Plan de Forestación de Tierras Agrarias en la Comunidad de Madrid 1993-1997.

En cuanto a los usos agrarios sustituidos en Madrid por las forestaciones, hay que señalar que la mayor parte de la superficie repoblada son antiguos pastizales

plantaciones. Estos trabajos de apoyo a las plantaciones están muy asociados al tipo de propietario, desde aquéllos que tienen una casi total dedicación a la forestación (personas jubiladas), hasta el abandono total. Hay que destacar que la causa de las diferencias no es económica, ya que muchas veces una buena plantación y un buen mantenimiento son más baratos que el simple abandono, que suele traer problemas de reposición de marras, devolución de inversiones, etc. Finalmente es importante destacar que el Programa desarrollado en España no está adecuado en las ayudas de mantenimiento a la realidad del ámbito mediterráneo, donde es necesario un apoyo más prolongado a las plantaciones. Estas deberían estar sujetas a mantenimiento (y por tanto a apoyos financieros) preferentemente durante 10 años, lo cual podría asegurar el éxito de muchos de los trabajos de forestación realizados hasta el momento.

En general, las parcelas forestadas por ATPs apenas presentan marras y muestran un excelente estado de crecimiento. Las labores de mantenimiento que condicionan esta situación, propias casi siempre de técnicas de cultivo agrícola, conforman, no obstante, un paisaje de *"cultivo de árboles forestales"* de una marcada regularidad y homogeneidad desde el punto de vista paisajístico, que se aleja aparentemente del objetivo final: "reconstruir un bosque con diversidad de especies y de estructuras, que sea una población vegetal heterogénea y estructurada" (Simón, 1997).

El resultado ecológico y paisajístico de las plantaciones llevadas a cabo en grandes fincas de explotación agraria, cuando estas son productivas y cuentan con personal propio con carácter permanente, es muy similar. También en estos casos el éxito de la plantación suele ser absoluto, aunque presenta las mismas limitaciones que determinan unas labores de mantenimiento inadaptadas a los objetivos forestales.

Sin embargo, cuando se trata de grandes fincas de uso recreativo y cinegético, cuyos propietarios residen en la capital o en otros núcleos urbanos y tienen sus principales centros de atención en otros lugares, los resultados más frecuentes son marras generalizadas a partir del segundo o tercer año por abandono de la plantación. En estas forestaciones los trabajos de mantenimiento se reducen a la reposición de marras de acuerdo con las condiciones del contrato firmado entre la empresa forestadora y el titular de las terrenos. Tras el fracaso de la plantación, realizada sobre terrenos ya colonizados por diversas comunidades de matorral, normalmente se aprecia la continuidad de las dinámicas forestales preexistentes y apenas quedan huellas de la actuación realizada, salvo los protectores de las plantas.

#### **2.4.2. EFECTOS SOBRE LA BIODIVERSIDAD Y LA MEJORA DE LAS MASAS FORESTALES EXISTENTES**

Una de las primeras cuestiones que cabe formularse a la hora de evaluar los resultados del Programa de Forestación de Superficies Agrarias, como medida de acompañamiento de la Reforma de la PAC actualmente incluida en los Programas de Desarrollo Rural, al igual que el resto de las actuaciones selvícolas, es su contribución al logro de los objetivos establecidos en la Estrategia Forestal para la Unión Europea<sup>13</sup> e incorporados a la Estrategia Forestal Española (M. de Medio Ambiente, 2000): multifuncionalidad de los bosques, gestión sostenible y conservación e incremento de la biodiversidad. Y, en este sentido, la consideración de las especies incluidas en los

---

<sup>13</sup> Resolución del Consejo de 15 de diciembre de 1998 (1999/C 56/01)

anexos de las diferentes órdenes autonómicas, así como el valor de las ayudas asignadas a cada grupo, es también fundamental. Frente a la utilización preferente de coníferas en las repoblaciones forestales realizadas en España durante todo el siglo XX, la forestación de tierras agrarias se ha llevado a cabo principalmente con frondosas, y en particular con quercíneas. En general, la elección de especies ha estado más condicionada por razones socioeconómicas (valor de las ayudas y disponibilidad de planta en vivero) que por criterios ecológicos o ambientales.

Destaca en las relaciones de las diferentes regulaciones autonómicas la preferencia por las especies autóctonas y la inclusión no sólo de árboles, sino también de diversos arbustos. Sin embargo, y aunque el avance de conocimientos y resultados en la producción de plantas en viveros también ha sido notable, los resultados han estado condicionados por las características de los suelos afectados en función de sus usos anteriores y por la disponibilidad de especies en vivero, así como lo ya comentado de una cierta simplificación del proceso de elección de especie.

La contribución de las forestaciones al incremento de la biodiversidad es función igualmente de la localización y dimensión de las plantaciones. En la región de Madrid, por ejemplo, los efectos serían potencialmente más positivos en la zona de sierra y piedemonte que en los sectores meridional y suroccidental donde, precisamente, se han concentrado los trabajos a modo de actuaciones de perímetro muy reducido (Montiel *et al.*, 1999). En general, ni siquiera en las actuaciones de más de 25 hectáreas llevadas a cabo en grandes fincas de la región de Madrid, podemos hablar de aumento del perímetro de los bosques, creación de nuevas masas forestales o diversificación paisajística. Al contrario, el total de la superficie forestada por el solicitante contrasta con la pequeña talla e irregular perímetro del gran número de parcelas en las que, frecuentemente, aparece fragmentada la actuación. En realidad, las plantaciones suelen localizarse en los terrenos más marginales de la explotación y responden a una estrategia de "rellenar huecos" que, en muchos casos, favorece más la homogeneización y banalización que la diversificación paisajística. Esta situación, no obstante, varía en otras provincias donde si puede encontrarse, al menos parcialmente, una tendencia al incremento progresivo de las especies utilizadas y a una integración de las parcelas forestadas en los territorios próximos (comarca de Huéscar, Granada).

Entre las plantaciones que si han reportado mejoras paisajísticas a la finca destacan especialmente las realizadas en tierras marginales de grandes fincas de producción agraria (cuestas y taludes), que han contribuido tanto a la diversificación paisajística como a la fijación de suelos y protección contra la erosión. Mención aparte merecen las forestaciones de los triángulos formados por los pivots de regadío en las plantaciones de maíz de la comarca de Las Vegas de la Comunidad de Madrid. También en este caso nos encontramos ante una estrategia de "rellenar huecos", pero desde planteamientos racionales de rentabilidad y mejora. Además, considerando la escasa representación territorial del monte en esta comarca, la contribución de estas plantaciones a la biodiversidad debe valorarse de forma positiva, aunque el empleo de marcos regulares y su carácter monoespecífico pueda introducir un matiz en términos de incremento de la biodiversidad. No obstante, las repoblaciones realizadas en el marco de este Decreto, como en general los trabajos de reforestación realizados en nuestro país no pueden tener como objetivo el aumento inmediato de la biodiversidad, por las limitaciones derivadas de la propia elección de especie, ya que hay una dificultad real para establecer muchas especies forestales. La contribución de las repoblaciones a la biodiversidad debe evaluarse en función del efecto que la nueva masa

forestal generará a medio plazo en el incremento de la biodiversidad de las comunidades asociadas: flora, fauna, organismos del suelo, etc. La importancia que tienen los espacios forestales procedentes de masas artificiales de coníferas en muchos Parques Naturales de Andalucía es uno de los ejemplos que mejor ilustra los efectos paisajísticos y biológicos de las repoblaciones (Alvarez Calvente, 2001).

La consideración, ya expresada, de una interpretación silvopastoral de muchas de las explotaciones ayudaría a una mejor comprensión del destino final de los trabajos y, por tanto, a una política más clara de información y ayuda hacia los propietarios actuales de fincas forestadas. Este tipo de estructuras facilitan la evolución de las plantaciones hacia sistemas estables, sometidos en muchos casos a una progresiva colonización por otras especies y de alto valor ecológico y, por qué no, productivo.

En cuanto a los usos agrarios sustituidos por las forestaciones, como ya hemos indicado, la mayor parte de la superficie repoblada son antiguos pastizales o tierras de cultivos herbáceos improductivas desde hace más de diez años, aunque el artículo 5º del Real Decreto 152/1996 establece que las superficies agrarias subvencionables deben haber sido objeto de “algún aprovechamiento agrario regular antes del 31 de julio de 1992”. La presentación de certificados catastrales no actualizados permite en estos casos obtener las subvenciones. A menudo, estos terrenos calificados como “pastos” o “secano” son tierras marginales enclavadas en zonas de monte. Otras veces, bajo el concepto catastral “erial a pastos” se ocultan situaciones extraordinariamente heterogéneas que merecerían la clasificación de “montes abiertos” y que, en ocasiones, corresponden a montes adhesionados (normalmente oquedales). En cualquier caso, también esta categoría de usos del suelo está contemplada en las diferentes órdenes autonómicas que regulan esta línea de subvenciones.

En general, podemos reconocer una serie de factores que influyen de manera más o menos determinante tanto en el éxito de la plantación como en la calidad paisajística y ambiental de los resultados:

1. Integración de las parcelas forestadas en la explotación con el fin de evitar que éstas representen *islas forestales* en el interior de explotaciones agrícolas.
2. Planificación de los trabajos, tanto en los aspectos relacionados con la adecuación ecológica y de objetivos de las especies elegidas, como en el resto de las decisiones (método de repoblación, procedimiento de preparación, etc.)
3. Particularidad del clima mediterráneo, que no ha sido tenida en cuenta en la adaptación de la norma europea a nuestra especificidad regional. Esto ha supuesto limitaciones al establecimiento (sequía), lentitud en el crecimiento, dificultad de la obtención de productos directos, etc. y ha conducido a un desarrollo e interpretación inadecuado de las ayudas.

## 2.5. CONCLUSIONES

El desarrollo del Real Decreto 378/93, por el que se establece un régimen de ayudas para fomentar inversiones forestales en explotaciones agrarias y acciones de desarrollo y aprovechamiento de los bosques en zonas rurales, planteado en principio como un sistema de financiación del medio rural con objetivos principalmente sociales, se ha orientado en el ámbito mediterráneo como alternativa al problema de las tierras

abandonadas. Pese a sus planteamientos inicialmente sociales, priorizando las solicitudes presentadas por ATPs, el Programa ha terminado siendo una línea de subvenciones aprovechada de forma desequilibrada por los diferentes tipos de propietarios, pero con un excesivo peso de grandes propietarios y ayuntamientos para obtener un rendimiento económico de tierras de escaso valor agrológico y sin producción agrícola.

La evaluación y tramitación de las solicitudes presentadas a la convocatoria de ayudas para forestación de tierras agrarias debería manejar como criterios de decisión y gestión elementos de carácter paisajístico, ecológico, productivo, social, etc. En definitiva, debiera contarse con una serie de indicadores territoriales (comarcales, municipales y puntuales) en los que se basara de forma técnicamente razonada la prioridad de las actuaciones así como la elección de especies y método de forestación. Por otra parte, los aspectos territoriales y paisajísticos deberían también ser tomados en consideración a la hora de diferenciar el volumen de las primas de forestación y de mantenimiento concedidas, ya que los condicionamientos impuestos por el medio influyen de forma determinante en la respuesta de los posibles beneficiarios de estas ayudas a las convocatorias anuales, en las exigencias de inversión y dedicación de las plantaciones y en los resultados de éstas.

Entre los parámetros que debieran ser objeto de consideración a la hora de definir índices y criterios de selección y gestión de las solicitudes de ayudas para forestación de tierras agrícolas, cabe destacar: la tipología de los paisajes, los procesos y etapas evolutivas de la dinámica de la vegetación, el tiempo de abandono de la explotación, el tipo de usos del suelo preexistente, la viabilidad de la actuación (especies y método elegidos), el porcentaje de superficie forestal en el municipio y en la comarca, el valor económico y territorial de la actividad agraria en el municipio y en la comarca, las demandas sociales (calidad de paisaje, espacios de ocio), la categoría socioeconómica del solicitante (ATP, propietario no agricultor, ayuntamiento, sociedad) y la principal actividad profesional y residencia del peticionario.

Finalmente, es preciso insistir en la inadecuación de las medidas de forestación de tierras agrarias, tal y como han sido formuladas por la Unión Europea, a las circunstancias y a los problemas regionales del ámbito mediterráneo. El espacio rural mediterráneo exige un tratamiento diferente al que se ha planteado a partir de las condiciones y dinámicas territoriales de Europa noroccidental, y una respuesta prioritaria al abandono demográfico y a la desvalorización socioeconómica de los espacios rurales. El reto no consiste en cambiar usos del suelo, sino en recuperar y revalorizar espacios que han evolucionado de forma espontánea durante medio siglo de abandono.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez Calvente, M. (2001): *Paisaje forestal andaluz. Ayer y hoy*. Junta de Andalucía-Ibersilva.
- Arias, J. y Fourneau, F. (1998): *El paisaje mediterráneo*. Granada, Universidad de Granada-Junta de Andalucía, 349 pp.
- Barrué-Pastor, M., Billaud, J.P., Deverre, CH. Y Alphantery, P. (1995): *Agriculture, protection de l'environnement et recomposition des systèmes ruraux: les enjeux de l'article 19*, Ivry-sur-Seine, INRA, 665 pp.
- Bona, L., Aramburu, M.P. y Cifuentes, P. (1997): "Seguimiento del Programa de Reforestación de Tierras Agrarias en su contexto medioambiental y socioeconómico". en *IRATI 97. Montes del futuro: respuestas ante un mundo en cambio*. Libro de Actas del I Congreso Forestal Hispano-Luso, 23-27 de junio de 1997, mesas 6-7-8, pp. 21-26, Pamplona.
- Comunidad de Madrid (1999): *Actuaciones dentro del Programa de Forestación de Tierras Agrarias de la Comunidad de Madrid 1993/1998*. Consejería de Economía y Empleo, Dirección General de Agricultura y Alimentación, Madrid.
- Drain, M. (1998): "Les specificités du paysage méditerranéen", en Arias, J. y Fourneau, F. (1998): *El paisaje mediterráneo*. Granada, Universidad de Granada-Junta de Andalucía, 349 pp.
- Ferrerías, C., Montiel, C. y Álvarez, P. (2001): "La forestación de tierras agrarias en el Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares (Madrid, España)", en Cano, E. et al. (ed.): *Valoración y Gestión de Espacios Naturales*. Jaén, Universidad de Jaén, pp. 131-142.
- Galiana, L. y Lacasta, P. (1994): "Los grandes conjuntos paisajísticos y la gran propiedad en la provincia de Madrid", en AGE: *Actas del VII Coloquio de Geografía Rural (Comunicaciones)*, Córdoba, Servicio de Publicaciones de la Universidad de Córdoba, pp. 30-38.
- Gómez-Jover Pardo, F. y Jiménez Peris, F.J. (1997): *Un programa de forestación de superficies agrarias (Legislación y aplicación)*, Madrid, MAPA, 383 p.
- Gómez Mendoza, J. y Mata Olmo, R. (1991): "Actuaciones forestales públicas desde 1940. Objetivos, criterios y resultados". *Agricultura y Sociedad*, 65: 15-64.
- Gómez Mendoza, J. et al. (1999): *Los paisajes de Madrid: naturaleza y medio rural*. Alianza ed.-Fundación Caja Madrid, Madrid.
- Lacasta, P. (1998): "El Plan de forestación de superficies agrarias y la gran propiedad en la Comunidad Autónoma de Madrid", en *XI Coloquio de Geografía Rural. Comunicaciones*. Vitoria, Universidad del País Vasco-Asociación de Geógrafos Españoles, pp. 259-277.

- Lacasta, P. y Mata, R. (2000): "Medidas agroambientales y forestación de tierras agrarias en Madrid: Consideraciones desde un espacio metropolitano", en Paniagua, A. (ed.): *Naturaleza, agricultura y política agroambiental en España*. CSIC, Madrid, pp. 211-244.
- Mata Olmo, R. (1997): "Paisajes y sistemas agrarios españoles", en GÓMEZ BENITO, C. y González Rodríguez, J.J. (eds.): *Agricultura y sociedad en la España Contemporánea*. Madrid, CIS-MAPA, pp. 109-172.
- Mata Olmo, R. (2001); "Los paisajes agrarios", en Gil Olcina, A. y Gómez Mendoza, J. (coords.): *Geografía de España*, Barcelona, Ariel, pp. 299-327.
- Ministerio de Medio Ambiente (2000): *Estrategia Forestal Española*. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Madrid.
- Montiel, C., Ferreras, C. y Álvarez, P. (1999): "El Plan de Forestación de Superficies Agrarias de la Comunidad de Madrid 1993-1997: Valoración territorial y paisajística", *El Territorio y su Imagen. Actas del XVI Congreso de Geógrafos Españoles. Málaga, 9-12 diciembre 1999*. Universidad de Málaga-AGE. Málaga, pp. 179-190.
- Montiel, C. y Ferreras, C. (2001): "La forestación de tierras agrarias en los espacios naturales protegidos de la Comunidad de Madrid (España)", en *Montes para la sociedad del nuevo milenio*, vol. V, pp. 827-833, Sevilla, Junta de Andalucía.
- Montiel, C., Galiana, L. y Navarro, R. (en prensa): "Participación de las sociedades rurales en la forestación de tierras agrarias". en *Las relaciones entre las comunidades agrícolas y el monte*. Cuenca, Universidad de Castilla-La Mancha.
- Navarro, R.M. y Martínez, F. (1993): "El papel de la extensión forestal en el desarrollo de la planificación comarcal de las repoblaciones forestales". *Montes* Nº 33: 106-110.
- Sánchez Pérez, J.J. (2000): "Ayudas a la forestación de tierras agrarias. Normativa aplicable y tramitación de ayudas", *Curso de Especialización de I+D "Forestación de tierras agrarias"*, Centro de Investigación y Formación Agraria de Granada, 18 al 22 de septiembre, inédito
- Simón, E. de (1997): "Proyectos de forestación de tierras agrarias", en Orozco, E.-Monreal, J.A. (coord.): *Forestación en tierras agrícolas*, Edic. de la Universidad de Castilla-La Mancha, Cuenca, pp. 21-42.



# Capítulo 3



## SUELOS FORESTALES Y AGRÍCOLAS

Emilia Fernández Ondoño

Dpto. Edafología y Química Agrícola. Facultad de Ciencias. Univ. de Granada

### 3. INTRODUCCIÓN

La tendencia a clasificar y estudiar los suelos por la utilización a la que están expuestos ha sido y es fuente de controversia. Así, algunos autores, consideran que los suelos forestales no son en absoluto diferentes de suelos frutícolas, dedicados a pastos o a cosechas anuales. Sin embargo, el suelo es un subsistema fundamental del ecosistema forestal, con características físicas, químicas y biológicas propias, decisivas en su fertilidad (Fassbender, 1996).

Los suelos de los ecosistemas forestales naturales plantean escasos problemas al silvicultor ya que poseen las mejores condiciones y han alcanzado el equilibrio, además de ser entidades estables y plásticas que solo se alteran temporalmente por la acción del fuego, la fuerza del viento u otros fenómenos naturales. Las prácticas de manejo de suelos para el cultivo, agrícola o forestal intensivo, tienden a alterar las propiedades del mismo durante la etapa de desarrollo, por lo menos hasta que los nuevos bosques se han establecido. Los resultados de la investigación agrícola no siempre resultan prácticos para resolver problemas inherentes al ambiente forestal que requieren un tratamiento especial.

Durante mucho tiempo las propiedades físicas, fundamentalmente la estructura del suelo, la densidad aparente, el volumen poroso y, muy relacionada con el mismo, la conductividad hidráulica, se han considerado de importancia primordial en la investigación de suelos forestales, en tanto que a las propiedades químicas se les prestaba, por lo general, una mayor atención en los estudios de suelos agrícolas. Investigaciones recientes han demostrado que las tasas de crecimiento de los árboles pueden aumentarse considerablemente mediante un manejo intensivo, incluyendo la adición de nutrientes vegetales a los suelos deficientes. Sin embargo, las demandas netas de nutrientes de los árboles de los bosques son considerablemente menores que las de la mayor parte de los cultivos agrícolas debido fundamentalmente a las características que aporta la cubierta forestal y la capa de "litter", que determinan un flujo importante de nutrientes suelo-planta y una formación de ácidos orgánicos a partir de residuos en descomposición. Además, la cubierta forestal y su capa orgánica superficial, proporcionan un microclima y un espectro de microorganismos diferentes de los relacionados con la mayor parte de los demás suelos.

Los suelos agrícolas pueden describirse como productos artificiales de las actividades humanas en tanto que, los suelos forestales, son entidades naturales que manifiestan una sucesión bien definida de horizontes naturales:

Horizonte O: Capa de acumulación de materia orgánica poco descompuesta y bien drenada.

Horizonte A: Horizonte mineral de acumulación de materia orgánica descompuesta e integrada con la parte mineral y zona de lixiviación.

Horizonte B: zona de acumulación.

Horizonte C: Material parental no intemperizado.

Algunas prácticas han disminuido estas diferencias, así una tala intensa de árboles perturba la capa de hojarasca superficial a corto plazo: la preparación de los semilleros arrancando raíces, por medio del disco o el arado y, a veces, por medio de camas de cultivo, incorpora la hojarasca al suelo mineral, lo cual favorece la actividad microbiana; la adición de fertilizantes puede afectar también el ritmo de descomposición de la capa orgánica. La mayor parte de estos cambios, sin embargo, son relativamente temporales y existen solamente hasta que la cubierta forestal vuelve a quedar bien establecida.

Los suelos de pastizales presentan en general, horizontes A más profundos, con un mayor contenido en bases y materia orgánica que los suelos forestales. Esta concentración de materia orgánica resulta de la regeneración continua de las raíces fibrosas de los pastos. En general son más fértiles que los suelos forestales y en ellos las bacterias constituyen la microfauna dominante y la lombriz de tierra la mesofauna más importante.

En la actualidad son pocos los bosques vírgenes que existen en las regiones pobladas del globo terráqueo. La conversión de tierras forestales a tierras de cultivo y nuevamente en bosques ha ocurrido en ciclos en Europa, Asia y América. Muchas tierras forestales europeas han sido utilizadas de manera intensiva durante siglos, mientras que, por el contrario, en medios tropicales, se cultiva dos o tres años y se alterna con 10 o 20 años de regeneración del bosque.

Más recientemente han aparecido en varios países del mundo plantaciones forestales manejadas de manera intensiva. En estos casos las diferencias entre suelos forestales y suelos agrícolas se han vuelto progresivamente menos evidentes. Algunas propiedades adquiridas por el suelo durante su desarrollo persisten durante mucho tiempo después de eliminada la cubierta vegetal, otras propiedades se modifican de forma drástica por las obras relacionadas con el uso agrícola.

Las diferencias más significativas en la actualidad entre suelos forestales y suelos agrícolas derivan, en parte, del hecho de que los suelos más deseables han sido seleccionados para su uso agrícola y el resto se ha dejado para la vegetación natural. 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.

### 3.1. FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA FORMACIÓN DEL SUELO

El desarrollo del suelo y la vegetación forestal aún no es un proceso simple y directo sino que en él intervienen factores relativamente independientes de los cuales el más importante es el clima. El clima, la vegetación y el suelo forman un complejo dinámico e interrelacionado, y cuando un miembro se altera, los demás cambian de manera similar y se establece un nuevo equilibrio (Ministerio de Medio Ambiente, 1998).

El suelo proporciona agua, nutrientes y es un medio de sostén para los árboles y el resto de la vegetación forestal; deriva de un material parental de composición mineral heterogénea que en gran parte condicionan las propiedades del mismo. El clima y los organismos contribuyen al intemperismo de los minerales y condicionan los contenidos en materia orgánica. Con el tiempo se forman los horizontes característicos del medio forestal.

El clima afecta directamente al intemperismo físico y químico a través de la influencia de la temperatura y la humedad y determina en gran medida el desarrollo de la vegetación.

El intemperismo físico desempeña un papel importante durante las primeras etapas del desarrollo del suelo, sobre todo en la degradación de los materiales originales.

El intemperismo químico puede manifestarse de muchas maneras. Inicialmente el agente principal es el agua de la lluvia filtrada, cargada de dióxido de carbono disuelto que proviene de la atmósfera. Son afectados los carbonatos de calcio y magnesio y otros minerales de roca como los feldespatos y las micas. Estos minerales son hidrolizados por la solución ácida produciendo minerales arcillosos y liberando iones metálicos, algunos de los cuales se adhieren a las partículas de arcilla. Los materiales resistentes como el cuarzo no son afectados y tienden a acumularse en el suelo en forma de arena y de partículas de aluvión, en tanto que los carbonatos solubles tienden a disolverse y a ser removidos.

La lixiviación de los compuestos fácilmente solubles agota de manera continua el suelo superficial en cationes básicos así como en cloruros, sulfatos y carbonatos, produciendo la acidificación del suelo. El grado de este empobrecimiento se controla por la intensidad de la lixiviación del agua que pasa a través del suelo, la velocidad con que los materiales regresan a la superficie por medio de los restos orgánicos y la intemperización de los fragmentos de roca. En la mayor parte de las regiones boscosas existe un balance positivo de precipitación pluvial (considerando las pérdidas por transpiración, evaporación y drenaje), que da por resultado la percolación, la formación de suelos de superficie ácida y la ausencia de carbonatos que se acumulan en el horizonte del subsuelo. El balance en el suelo, en áreas de alta pluviometría y bosques maderables, resulta negativo para Ca, Na, Al y Fe y positivo para Mg y K (Gómez y Calvo de Anta, 2001).

Son tantas las interrelaciones entre suelo, agua y vegetación que cabe en cierto modo preguntarse si no habría que modificar el clásico planteamiento de que las posibilidades de suelo y agua propician una vegetación feraz y bien desarrollada, por el de si es ésta vegetación la que motiva unos recursos de suelo y agua, de máxima calidad (Ministerio de Medio Ambiente, 1998).

Según Gandullo (1991) el microclima del bosque, que él llama ecoclima, en comparación con el de un sitio descubierto, es menos luminoso, con reducción de hasta un 90%, menos caluroso, con disminución de unos 4°C en la temperatura media anual, menos ventoso, con reducción de la velocidad del viento a la cuarta parte y más húmedo, con un aumento medio del orden del 10%.

Todos estos factores se relacionan con la capacidad de almacenamiento de agua, su aprovechamiento y la existencia de diversos tipos de bosques. En regiones

mecánica contra el impacto de la lluvia y la erosión, y para aumentar la infiltración de agua (Prause y Gallardo, 2000).

Tradicionalmente, la cubierta forestal, se ha dividido en tres capas de horizontes o estratos, aunque no aparecen en todos los suelos:

L: capa de "litter", consta de restos muertos no alterados de plantas y animales. En general esta capa no está considerada como integrada dentro del humus.

F: zona situada debajo del "litter", constituida por materia orgánica fragmentada y parcialmente desintegrada, en la que aún es posible establecer su origen.

H: materia orgánica amorfa, ya desintegrada. La capa inferior de este estrato H presenta el humus unido a una parte considerable de material inorgánico, con estructura migajosa y se designa como horizonte A.

### 3.4. DESCOMPOSICIÓN Y ACUMULACIÓN DE LA CUBIERTA FORESTAL

La tasa de desintegración del material de la cubierta está determinado por la naturaleza física y química del tejido fresco, las condiciones de aireación, temperatura y humedad de la cubierta, así como los tipos de microflora y fauna presentes (Meentemeyer, 1978; More, 1986). Como los procesos de descomposición son sobre todo biológicos, estas tasas están influenciadas por los mismos factores que gobiernan la actividad de los organismos. Las concentraciones de fósforo y bases, así como la relación de carbono / nitrógeno en los desechos, afectan a la actividad de los microorganismos.

El ritmo de descomposición puede ser muy rápido, con una tasa de renovación que varía de uno a tres años en los climas templados y fríos, hasta unos meses en los trópicos. La aridez en una determinada época del año, puede limitar la actividad de los microorganismos en el área mediterránea y por tanto la velocidad de descomposición (Pardo *et al.*, 1997).

El proceso de descomposición a menudo se inicia incluso antes de que los desechos vegetales se incorporen a la cubierta forestal. Los exudados de las hojas proporcionan la invasión de los organismos patógenos mientras las hojas aún se hallan en los árboles, y hay otra invasión de hongos durante las primeras semanas de la intemperización después de que el "litter" llega a la cubierta forestal. Las hojas se oscurecen y gran parte de los azúcares solubles en agua, ácidos orgánicos y polifenoles se lixivian durante este periodo. A medida que los polifenoles solubles en agua se eliminan el "litter" se vuelve más apetecible para los artrópodos y para la lombriz de tierra. En las primeras etapas de descomposición puede haber una gran población microbiana, pero ésta es, en su mayor parte, inactiva. Aparentemente, sin una fragmentación previa por los animales del suelo, los microbios, por muy abundantes que sean, no pueden descomponer los constituyentes de muchos tipos de hojas. En las regiones templadas, la lombriz de tierra, los rotíferos y los artrópodos, entre estos últimos los ácaros y los crustáceos, son los causantes de la mayor parte de la fragmentación, y si por algún motivo se retarda esta fragmentación, se retrasa todo el proceso de descomposición.

Aunque algunos animales del suelo son capaces de descomponer la celulosa con ayuda de las enzimas en su tracto digestivo, la mayor parte de la evidencia es en el sentido de que los procesos químicos de humificación son causados más por los microbios que por la fauna del suelo.

El tipo de organismo que interviene depende en gran medida de la naturaleza de los desechos orgánicos, pero todos ellos avanzan hacia la transformación gradual de compuestos complejos hasta convertirse en materiales tan sencillos como CO<sub>2</sub>, gases, agua, nitrógeno, elementos minerales y materiales complejos del humus amorfo. Los materiales se acumulan en la cubierta forestal e incluso en condiciones aerobias, raramente hay una oxidación completa. Los carbohidratos, las proteínas y las pectinas desaparecen con cierta rapidez; las ceras, las resinas y las ligninas persisten durante años. El volumen principal de humus del suelo lo constituye la cantidad considerable de material celular sintetizado junto con las ligninas modificadas. El humus es más o menos estable y, en suelos ricos en fauna, se mezcla completamente en el horizonte superior del suelo mineral.

La acumulación de materiales orgánicos sobre la cubierta forestal está en función de la cantidad anual de restos orgánicos caídos menos la tasa anual de descomposición. Aunque los factores ambientales afectan a la tasa de descomposición del "litter", el ritmo de la caída de éste es notablemente uniforme entre las especies de árboles que crecen bajo condiciones de clima y suelo similares.

La acumulación de la cubierta forestal está influida también por la edad de la misma, el tiempo que haya transcurrido desde el último incendio o de cualquier otra perturbación. El aumento en acumulaciones orgánicas es un tanto más rápido en las primeras etapas del desarrollo del campo forestal y en la primera década más o menos después de un incendio, pero a la larga se alcanza un estado casi de equilibrio, cuyo ritmo de descomposición es aproximadamente igual al aporte anual de materiales orgánicos (Bray y Gorham, 1964). El equilibrio es de carácter dinámico y se alcanza en mayor grado en las comunidades clímax. El progreso hacia un equilibrio es mucho más rápido en condiciones favorables de crecimiento que bajo extremos de temperatura y de humedad.

La cantidad de materia orgánica acumulada está influida por la textura del suelo y por la naturaleza del material en sí. Los suelos minerales de textura fina normalmente acumulan mayores cantidades de materia orgánica que los suelos de textura gruesa.

Las condiciones que favorecen la mineralización o humificación de la materia orgánica son muy variadas y las relaciones bilaterales difíciles de establecer. Bonito *et al.* (2002), estudiando la tasa de mineralización de nitrógeno en sistemas forestales en Estados Unidos, partieron de la premisa general que ésta disminuía a medida que descendía la temperatura y que la temperatura, a su vez, decrece a medida que se incrementa la altitud. Los resultados encontrados fueron contradictorios ya que otras características tales como relación C/N baja, altas cantidades de materia orgánica, texturas finas y la propia concentración de nitrógeno en el suelo modificaban las tasas de mineralización.

### 3.5. PROPIEDADES QUÍMICAS DEL "LITTER"

La composición química de la cubierta forestal tiene un gran efecto sobre el ritmo de descomposición del "litter" y de la liberación de nutrientes, así como en la población del suelo y en el crecimiento de los árboles. El pH, la relación carbono / nitrógeno, así como la concentración de nutrientes en las diversas capas orgánicas, están condicionados tanto por el tipo de vegetación como por el suelo a partir del cual se desarrollaron. Como regla general el humus mor es más ácido que el humus mull, pero debido a que estos humus se desarrollan a menudo debajo de una amplia variedad de árboles, el pH de sus capas también varía dentro de una amplitud de límites.

En general, las relaciones C/N son elevadas en las cubiertas vegetales y disminuyen a medida que avanza la descomposición. La relación es mayor en el humus de tipo mor que en el de tipo mull. Sin embargo, la relación C/N de las cubiertas vegetales raras veces llega al nivel de la del humus en los suelos agrícolas. Las relaciones en el humus de estos últimos materiales puede llegar a 12, un valor en el cual la mineralización del nitrógeno se efectúa a un ritmo rápido, mientras que valores comprendidos entre 20 y 18 son frecuentes en suelos forestales (Pardo *et al.*, 1997).

Las hojas de las especies de maderas duras por lo general contienen mayores concentraciones de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio que las hojas de coníferas, aunque no en todas las circunstancias. Por ejemplo, las hojas del roble o de haya que crecen sobre el suelo deficiente en bases pueden contener menos calcio que las agujas de abeto que crece sobre suelos fértiles.

Las concentraciones de potasio, calcio y magnesio generalmente disminuyen desde la superficie de "litter" hacia las capas inferiores de humus debajo de algunos de los bosques, en tanto que las concentraciones de aluminio y manganeso, en las capas más desintegradas, reflejan una concentración de estos elementos y, tal vez, una contaminación del suelo mineral.

Los constituyentes de los residuos vegetales, como son la hemicelulosa y la celulosa, disminuyen con la profundidad (aumentan con la descomposición), aunque la mayor parte de los compuestos sintetizados en el curso de la humificación, como los ácidos húmicos y fúlvicos, aumentan en proporción directa con la profundidad del suelo (Pritchett, 1987).

### 3.6. ALTERACIÓN DE LA CUBIERTA VEGETAL

Los incendios forestales son quizás la causa más importante de las modificaciones de la cubierta vegetal. Un incendio grande puede reducir las capas orgánicas de la cubierta a una delgada capa de cenizas en unos cuantos minutos. Se destruye así el manto aislante de la cubierta y las cenizas resultantes pueden afectar de forma significativa el nivel de nutrientes de las capas minerales. El primer efecto del fuego es el fuerte descenso del contenido total de materia orgánica (Fernández *et al.*, 1997). Los valores de nitrógeno total, pH, fósforo asimilable y cationes asimilables también se modifican en el suelo por efecto del fuego. Con el tiempo, a medida que se restablece la vegetación, tienden a atenuarse estos efectos (Marcos *et al.*, 2001).

Otras fuerzas naturales también pueden afectar la cubierta vegetal, tales como el desarraigamiento de árboles por el empuje del viento u otras que modifican localmente el relieve y el suelo, o el movimiento masivo del suelo por la gravedad frecuente en relieves escarpados.

Los mamíferos excavadores, roedores, ardillas, topes, musarañas..., acumulan tierra alrededor de las entradas de sus madrigueras y mueven el suelo cuando hacen sus túneles. El transporte de suelo mineral a horizontes orgánicos también puede producirse como resultado de la actividad de hormigas, termitas, lombrices, roedores y otros pequeños animales.

Pero sin duda la mayor alteración ha sido la producida por la influencia humana por medio de cosechas, talas, quemas, preparación del suelo para cultivos, fertilización y otras prácticas. La quema puede considerarse como una aceleración del proceso natural de oxidación que la cubierta sufre de forma continua. Controlada provoca poco daño a la cubierta y puede tener resultados positivos, reduciendo así la competencia con plantas de extractos inferiores y mejorando las condiciones para la fijación del nitrógeno. La quema también se ha utilizado para reducir la formación de humus de tipo mor, así como para aumentar la mineralización en estas capas orgánicas ácidas.

La preparación del terreno para el bosque con manejo intensivo destruye en gran parte la cubierta forestal, mezclando las capas orgánicas con el suelo mineral mediante el uso de maquinaria. Tal manipulación puede concentrar el humus y aumentar la aireación y la oxidación de la materia orgánica en estos suelos.

Parece que la mayor parte de las manipulaciones de la cubierta forestal aumentan la actividad biológica y la tasa de oxidación de la materia orgánica. Esto indudablemente incrementa la circulación y la disponibilidad de los nutrientes. Sin embargo, no se sabe si estos aumentos son beneficiosos para el crecimiento arbóreo a largo plazo y por lo tanto, para la productividad.

### 3.7. PROPIEDADES QUÍMICAS DE LOS SUELOS FORESTALES

Tradicionalmente se consideraba que las propiedades químicas de los suelos forestales eran menos importantes que las propiedades físicas. Los árboles de los bosques tienen requerimientos anuales de nutrientes mucho más bajos que la mayor parte de las plantas de las cosechas agrícolas. Además, estos requerimientos, pueden ser satisfechos incluso por el suelo forestal más pobre. Toumey y Korstian en 1947, citado por Pritchett (1987), afirmaban: "Las proporciones de elementos esenciales del suelo y las cantidades utilizadas por la vegetación forestal son de tal naturaleza que incluso los suelos que las contienen en proporciones bajas tienen un exceso de ellas". Estas suposiciones se basaban en la observación de bosques con árboles con sistemas radiculares profundos y eficientes, capaces de explorar grandes volúmenes de suelo y de que los nutrientes obtenidos de las profundidades del mismo tienen los ciclos adecuados para fomentar el crecimiento a largo plazo con un mínimo menoscabo en las reservas de nutrientes.

Estas observaciones no eran del todo equivocadas pero no se tenía en cuenta la relación entre los factores físicos, químicos y biológicos que pueden afectar al creci-

En general las especies vegetales están bien adaptadas a las condiciones de suelos ácidos y, de hecho, crecen mejor en un medio moderadamente ácido.

A veces el efecto de la acidez sobre el crecimiento de las plantas se debe a causas indirectas como la actividad microbiana y la disponibilidad de nutrientes. La disponibilidad de micronutrientes como boro, cobre, manganeso y hierro aumenta a medida que disminuye el pH. Por otra parte, en viveros, los organismos de la pudrición y otros agentes patógenos pueden llegar a ser un problema si se permite que el pH aumente por encima de 5,5.

No se suele recomendar corregir la acidez de las plantaciones forestales debido al alto coste y las relativamente bajas respuestas al crecimiento que supone. En la mayor parte de los bosques de la zona templada, no se han observado respuestas al encalado.

### 3.9. INTERCAMBIO IÓNICO

El intercambio catiónico ha sido considerado más importante que el aniónico, ya que la mayor parte de los minerales esenciales son absorbidos por la planta en forma de cationes. Cationes tales como calcio, magnesio, potasio, amonio, sodio, aluminio, hierro e hidrógeno están cargados positivamente y son atraídos hacia las superficies cargadas negativamente de las partículas coloidales del suelo, tanto minerales como orgánicas. Por regla general el pH y el nivel de fertilidad de un suelo determinado aumenta en la misma medida que aumenta el grado de saturación de bases. Esto es consecuencia del aumento cuantitativo en las bases del suelo, además de la facilidad con que las bases son liberadas por el suelo y absorbidas por las plantas.

Los aniones como fosfatos, sulfatos, cloruros y nitratos, son también retenidos en las superficies coloidales. Los fosfatos son retenidos en la mayor parte de los suelos como productos de precipitación, principalmente como fosfatos insolubles de hierro y aluminio en suelos muy ácidos y como fosfatos de calcio y magnesio en suelos neutros.

Los nitratos, cloruros y, en gran parte, sulfatos, se lixivian fácilmente a partir de suelos bien drenados. La capacidad de intercambio aniónico aumenta con la disminución del pH por lo que, los suelos forestales, al ser más ácidos, presentan una mayor capacidad para retener aniones que muchos suelos agrícolas.

La acidez del suelo, el intercambio iónico y la disponibilidad de nutrientes no solamente son importantes para el crecimiento arbóreo de forma directa. Por ejemplo, la acidez del suelo tiene poco efecto sobre el crecimiento de los árboles ya que estos pueden crecer bastante bien en una amplia variedad de reacciones, pero es enormemente influyente a través de su efecto sobre la disponibilidad de nutrientes, la actividad microbiana y la existencia de compuestos tóxicos.

De forma similar se puede afirmar que la capacidad de intercambio iónico resulta de escasa importancia directa para el desarrollo de los bosques, pero la capacidad de retener nutrientes en forma disponible contrarrestando el lavado, puede ser de gran importancia. De hecho la disponibilidad de nutrientes ha recibido escasa atención en los suelos forestales a causa de la habilidad de algunos árboles para crecer en suelos empobrecidos. En realidad la captación de nutrientes por los árboles es bastante importante, pero su capacidad para utilizar de forma eficiente los mismos a través de

ciclos de aprovechamiento es también muy alta. No obstante, a medida que aumenta la intensidad del manejo forestal aumentarán también considerablemente los requerimientos de nutrientes.

### 3.10. PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS SUELOS FORESTALES

Entre las propiedades físicas más afectadas por la utilización del suelo se incluye la estructura, la porosidad y la densidad aparente.

Otras propiedades como la textura adquieren importancia en la planificación inicial de manejo de una zona determinada pero, a medida que se alcanza un equilibrio vegetación-suelo, su influencia en la productividad es cada vez menor.

#### 3.10.1. TEXTURA DEL SUELO

Las gravas son las partículas mayores de 2 mm de diámetro y no se incluyen en las clases texturales porque normalmente desempeñan un papel secundario en los suelos agrícolas. Pero pueden ocupar un volumen considerable en suelos forestales de montaña, hasta el 50% del volumen total. Estos materiales contribuyen poco a la nutrición de las plantas, pero pueden favorecer la penetración del aire y del agua y aumentar la temperatura del suelo durante la temporada de crecimiento. Pero si la textura del suelo es arenosa una gran cantidad de grava disminuye aún más la disponibilidad de agua.

Los suelos arenosos profundos y gruesos a menudo sostienen cultivos deficientes de pinos, cedros, robles arbustivos y otras especies con bajos requerimientos de humedad y nutrientes. La productividad de los suelos arenosos aumenta a medida que lo hace la proporción de limo y arcilla.

La textura en sí tiene poco efecto en tanto que la humedad, los nutrientes y la aireación sean los correctos. Los cambios en las condiciones de humedad del suelo que producen las pequeñas diferencias en elevación, pueden superar por completo los efectos de la textura. Además, un campo forestal tiende a modificar su medio ambiente hasta el grado en que la textura del suelo sea de importancia secundaria. La sucesión de especies puede cambiar de manera gradual las condiciones del suelo a fin de satisfacer mejor los requerimientos de los árboles del bosque establecido.

La influencia del manejo del suelo en la textura del mismo ha sido considerada por Mohammad *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. Los 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.

### 3.10.2. ESTRUCTURA

La estructura del suelo es la agregación espacial de las partículas individuales del mismo. Esta agregación modifica características del suelo tales como circulación del agua, aireación, densidad aparente y porosidad.

La descripción completa de la estructura de un suelo consta de tres variables: Tipo o forma, clase o tamaño y grado o estabilidad (FAO, 1977). Una cubierta vegetal vigorosa favorece el mantenimiento de una buena estructura con independencia de la textura.

Las alteraciones mecánicas afectan a menudo a las condiciones físicas de un suelo superficial, al modificar la estructura por medio de la compactación y el encharcamiento. Los efectos directos afectan los sistemas aire-agua del suelo y las propiedades de dureza afectan la penetración de las raíces. La compactación es más evidente en los suelos húmedos que en los secos y en los arcillosos que en los arenosos. Sus efectos pueden durar prolongados periodos de tiempo y afectar al crecimiento de los árboles.

Los agregados del suelo son generalmente más estables en bosques que en terrenos cultivados. El cultivo continuo tiende a disminuir la agregación en la mayor parte de los suelos por la fracturación mecánica y por la reducción de materia orgánica.

### 3.10.3. DENSIDAD APARENTE

Se define como el peso del suelo inalterado, partículas sólidas y huecos, por lo que esta relacionada con la estructura y con la porosidad. La densidad aparente en suelos forestales varía entre 0,2 g/cc, en algunas capas orgánicas, hasta casi 1,9 g/cc en las arenas compactas. Los suelos con altos contenidos en materia orgánica tienen menores densidades que los suelos bajos en este componente (Gallardo y González, 1983).

El pisoteo excesivo por los animales de pastoreo, el uso de maquinaria pesada de tala, el uso recreativo intenso o las perturbaciones cuando el suelo está húmedo, aumentará la densidad aparente, sobre todo en suelos de textura fina. Las arenas compactadas con densidades aparentes superiores a 1,75 o las arcillas con densidades superiores a 1,55 pueden evitar la penetración de las raíces de los árboles. Es decir, la densidad del suelo por encima de la cual la raíces no penetran varía con la textura del suelo, y una determinada densidad aparente en suelos con textura fina limita el crecimiento más que la misma densidad en los suelos de textura gruesa. Las distintas especies pueden también presentar comportamientos diferentes frente a la densidad del suelo.

### 3.10.4. VOLUMEN POROSO

Es la parte del volumen del suelo que no está ocupado por las partículas sólidas. Por lo general los poros del suelo están ocupados por aire o por agua, pero el volumen relativo de uno u otro varía con el estado de humedad.

Si se conoce la densidad aparente, el espacio de los poros del suelo mineral se puede calcular fácilmente dividiendo la densidad aparente entre la densidad de las partículas convirtiéndolas a porcentaje.

El volumen poroso se distribuye en poros capilares y no capilares. Si predominan los poros capilares el suelo presenta, por lo general, una alta capacidad de retención de agua, infiltración lenta y probablemente cierta tendencia a encharcarse. Un suelo con una alta proporción de poros no capilares tiene por lo general, una buena aireación, una rápida infiltración y una baja capacidad de retención de agua.

El volumen poroso de un suelo influye en la naturaleza de la materia orgánica y la actividad de la flora y fauna del suelo ya que la mayor parte de los microorganismos del suelo tienden a concentrarse en los macroporos del mismo (Vinther *et al.*, 1999). El espacio poroso se reduce por la compactación y generalmente varía con la profundidad.

La porosidad de la mayoría de los suelos forestales varía del 30 al 65%; los suelos que sostienen bosques mixtos de árboles pueden tener un volumen poroso mayor que los suelos que sostienen bosques de una sola especie dominante.

### 3.10.5. ATMÓSFERA DEL SUELO

El aire del suelo es importante sobre todo como fuente de oxígeno para los organismos aerobios y para las raíces de los árboles. La composición y el volumen de aire cambian constantemente en un suelo bien aireado. El oxígeno lo utilizan las raíces de las plantas y los microorganismos del suelo y el dióxido de carbono es liberado durante la respiración de las raíces y la descomposición aerobia de la materia orgánica.

Una buena aireación no solamente favorece la absorción del agua y el oxígeno, sino también la de nutrientes minerales.

Las poblaciones de microorganismos del suelo están influenciadas considerablemente por la aireación. Los organismos aerobios son incapaces de desarrollarse adecuadamente en ausencia de oxígeno gaseoso. La reducción en la tasa de descomposición y acumulación de materia orgánica de los residuos vegetales en las regiones pantanosas es un excelente ejemplo de este hecho.

### 3.10.6. AGUA DEL SUELO: MEDICIÓN Y MOVIMIENTOS

La función del agua en el suelo es extraordinariamente importante porque un gran porcentaje de las tierras que son muy húmedas o muy secas para el uso agrícola están relegadas a la silvicultura. La cantidad de humedad determina en gran medida el tipo de árbol que puede cultivarse e influye en la distribución de los bosques en el mundo. El agua, además de afectar directa o indirectamente a la mayoría de los procesos vegetales, desempeña otras funciones en el suelo: es disolvente y medio de transporte para los nutrientes de las plantas, fuente de hidrógeno, moderador de la temperatura del suelo y de la aireación, así como un agente de disolución de sustancias tóxicas.

Toda el agua que cae sobre la superficie del terrestre, y no se pierde por escurrimiento, puede utilizarse en la evaporación, perderse por infiltración o quedar retenida durante un cierto tiempo en los poros del suelo.

La raíces de los árboles absorben grandes cantidades de agua para sustituir la que pierden por transpiración y la que consumen por actividades metabólicas. Esta necesidad de agua puede ser mucho mayor para los árboles de suelos infértiles que para aquellos que crecen sobre los fértiles. Las raíces de los árboles pueden aprovechar de manera efectiva la humedad del suelo incluso tratándose de contenidos de baja humedad. Pero a pesar de esta eficacia la distribución y el crecimiento de los árboles están controlados por el abastecimiento de agua. Las lluvias ligeras son interceptadas por el follaje de los árboles o sirven solamente para saturar las capas superficiales del suelo. Aunque estén saturadas estas capas donde se sitúan la mayor parte de raíces finas, pueden perder agua hasta un punto cercano a la marchitez antes que se seque el resto del perfil. Por tanto los déficit de agua del suelo durante la etapa de crecimiento suelen ser de larga duración y pueden ocasionar considerables reducciones en el crecimiento del árbol.

El desarrollo de las plantaciones se reduce por carencia de agua de manera indirecta, a través de la interferencia con los procesos fisiológicos como son la fotosíntesis, el metabolismo de nitrógeno, la absorción de sales y la translocación; directamente, la carencia de agua, reduce la urgencia del crecimiento celular y otros procesos que intervienen más directamente en el crecimiento de las plantas. El crecimiento de los árboles se puede controlar más por el crecimiento intratisular que por la humedad del suelo en sí. Esto se debe a que los déficit internos de agua son controlados por las tasas relativas de absorción radical y por la pérdida de agua por transpiración. Durante el día, por lo general, la transpiración excede a la absorción, ya esté el suelo relativamente seco o húmedo. Aunque los déficit de agua en las hojas tienden a aumentar durante el día, por lo general se rehidratan por la noche cuando la absorción es mayor que la transpiración. Esta última se controla en gran medida por el ambiente del aire y por la estructura de las hojas y solamente la absorción está influenciada de manera directa por los factores relativos al suelo como son la tensión higroscópica del suelo, la temperatura del mismo, la concentración de la solución del suelo y su aireación, así como el tamaño y la distribución del sistema radical.

La simulación de los movimientos de agua en suelos realizada por Schaap *et al.*, (1997) muestra que la infiltración y el drenaje determinan las condiciones de humedad del suelo forestal en períodos húmedos. mientras que, en períodos secos, la evaporación del suelo y, en menor medida, el consumo de agua por las raíces, son las responsables de dicha humedad.

Los factores que afectan a la absorción de agua por los árboles afectan a la diferencia de potencial hídrico del suelo y las raíces y a la resistencia al movimiento de agua a través del suelo y dentro de las raíces. La textura del suelo y la conductividad hidráulica controlan el movimiento del agua hacia las superficies radicales. La aireación, la temperatura y el grado de suberización de las raíces modifican la resistencia al movimiento del agua en las raíces. La fuerza impulsora es la diferencia de potencial hídrico entre la masa edáfica y la superficie de la raíz y entre la superficie de la raíz y el xilema.

La tasa de elongación de las raíces resulta afectada en gran medida por los niveles de humedad del suelo durante la estación del crecimiento. El crecimiento de las raíces raramente es afectado por los déficit de agua en primavera, pero pueden suspender totalmente la elongación durante períodos cálidos y secos. Al final de la estación, si hay un aumento de humedad en el suelo, las raíces pueden

reanudar la elongación. En ocasiones, la dureza del suelo aumenta repentinamente cuando se seca y la resistencia física resultante contra la penetración de las raíces puede ser independiente del agua disponible para la absorción (Zahner, 1968). Los suelos que tienen un intercambio de gases limitado, ya sea debido a la alta densidad aparente o a un exceso de agua, sostienen árboles con sistemas radicales poco profundos.

El agua en el suelo influye en la regeneración forestal controlando la germinación de las semillas y la supervivencia y desarrollo de los árboles jóvenes. La siembra directa de coníferas en terrenos arenosos puede ser factible solamente donde el manto acuífero está suficientemente cerca de la superficie para mantener la humedad capilar dentro de los 20 cm superficiales del suelo durante el periodo de germinación. Los árboles transplantados pueden secarse a causa de la transpiración excesiva en el periodo en que las raíces crecen con demasiada lentitud para absorber el agua suficiente. La capacidad que tienen los trasplantes para reanudar rápidamente el crecimiento de las raíces es a menudo de importancia vital para la supervivencia. Los árboles que sobreviven al trasplante, a menudo manifiestan un crecimiento reducido durante meses o años, debido al balance hídrico desfavorable.

La resistencia de los árboles a ciertos insectos se reduce en condiciones de tensión ocasionadas por deficiencias de humedad del suelo. El inicio de la floración a menudo puede inducirse por efecto de la humedad, pero las buenas condiciones de humedad del suelo son necesarias para una óptima producción de flores. La disponibilidad de nutrientes, su captación y su transporte, dependen también de una adecuada humedad en el suelo. Todas estas relaciones hacen que la calidad de la localidad para el desarrollo forestal se determine en gran medida por aquellas propiedades físicas del suelo que influyen en la humedad del suelo.

En gran medida, las condiciones de humedad son inherentes al suelo, la topografía y el clima de la región y no pueden alterarse fácilmente por medio del manejo. No obstante, ciertas facetas del ciclo hidrológico pueden ser modificadas de manera provechosa a través del manejo de las cuencas acuíferas. Se pueden alterar las pérdidas por transpiración o modificar las características del suelo considerando la tasa de infiltración, el almacenamiento de agua y el escurrimiento superficial. La construcción inadecuada de caminos, la perturbación excesiva del suelo y de la cubierta edáfica durante la cosecha, la compactación del suelo que llevan a cabo los troncos y la maquinaria pesada, así como las técnicas de labranza intensiva del campo son todas operaciones que influyen de manera potencial en la infiltración y el escurrimiento. El tipo y la densidad de la cubierta forestal pueden influir en la infiltración y en la tasa de evaporación.

La protección contra los incendios también repercute en el abastecimiento de agua. Un incendio no solamente destruye los árboles y reduce la transpiración sino que también puede consumir gran parte del "litter" que protege el terreno. Estas capas de "litter" contribuyen también a la calidad del agua, ya que constituyen filtros que dejan pasar agua relativamente pura.

Vinther, F. P.; Eiland, A.; Lind, M. and Elsgaard, L., 1999. Microbial biomass and numbers of denitrifiers related to macropore channels in agricultural and forest soils. *Soil Biol. and Biochem.* Vol. 31: 603-611.

Yaalon, D. H., 1971. *Soil-forming processes in time and space. Paleopedology.* Univ. Israel. Press. Jerusalem.

Zahner, R., 1968. Water deficits and growth of trees. En *Water Deficits and Plant Growth.* Vol. 2. Academic Press, Inc. Nueva York.

# **Capítulo 4**



## MATERIAL DE REPRODUCCIÓN. NORMAS DE CALIDAD Y CERTIFICACIÓN FORESTAL

Jesús Pemán García\*  
Universidad de Lérida. peman@pvcf.udl.es

### 1. ¿Qué es una planta de calidad?

### 2. Atributos de calidad

### 3. Control de la producción y comercialización del Material Forestal de Reproducción (MFR).

#### 3.1. Identidad del material forestal de reproducción

#### 3.2. Calidad exterior del MFR

### 4. Bibliografía

#### 4.1. ¿QUÉ ES UNA PLANTA DE CALIDAD?

La calidad de la planta forestal no es un concepto absoluto producto de unos atributos invariables y determinados sino que es relativo, ya que se valora por *el grado con que la planta cumple los objetivos de su utilización* (IUFRO, 1980). Esto se traduce, en la mayoría de los casos, por *la capacidad para alcanzar unas expectativas de supervivencia y crecimiento en una estación determinada*.

En la consecución de este fin, influye cada una de las decisiones que comporta el diseño de una repoblación forestal: elección adecuada de las especies a emplear, tratamiento del suelo, método de repoblación y más concretamente el tipo de planta a emplear, su identidad genética, su cultivo en vivero, el sistema de almacenamiento y transporte, su manejo en el monte y el modo de plantación. En la Figura 1 se representa de forma esquemática las diferentes etapas que desde el inicio del cultivo de la planta en el vivero hasta su desarrollo en el monte pueden influir en la consecución de los objetivos de supervivencia y crecimiento. Estas son:

- *Adecuación geográfica del vivero a la zona a repoblar.* Antaño este aspecto quedaba garantizado con los viveros volantes, pero la reducción del número de estos y la concentración en lugares, generalmente muy alejados de los montes, hace que esta adecuación o aclimatación de la planta no este conseguida. Es de gran importancia que se respete en el vivero la fenología de la planta en la zona de repoblación con objeto de no ocasionar desajustes que pueden provocar estrés en la misma.
- *Seguimiento de un calendario de cultivo.* Es básico disponer de un calendario de cultivo que variará según la ubicación del vivero y de las especies a cultivar. Este calendario incluirá: especificaciones de la planta tipo en cada etapa del cultivo y el momento en que estas condiciones deben ser alcanzadas, descripción

detallada de cada práctica (tipo de producto, dosis, forma de aplicación, etc.), registro histórico de evolución de la planta a lo largo del cultivo.

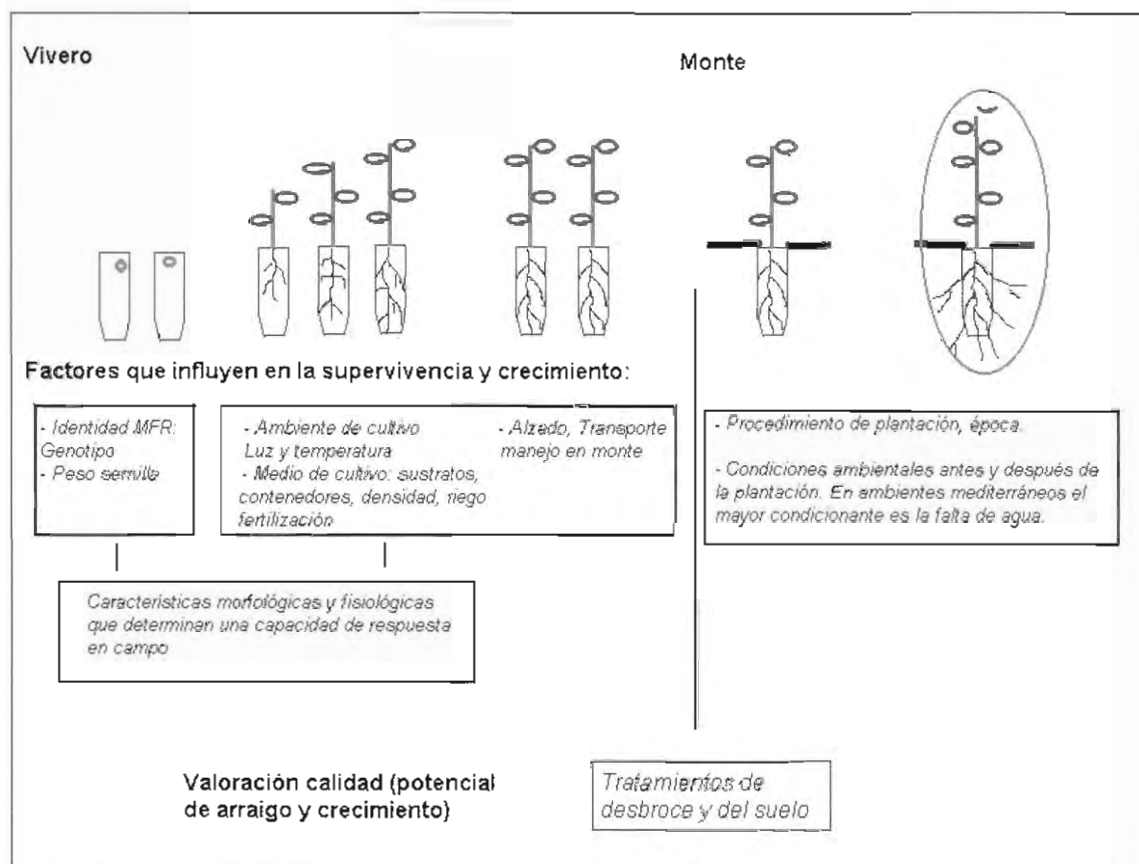


Figura 1: Fases en el desarrollo y manejo de la planta hasta su plantación en el monte que influyen en el arraigo y crecimiento.

- *Control de la semilla que entra en el vivero.* Deberá garantizarse su calidad genética. En este sentido, el vivero deberá manejar las regiones de procedencia o de identificación más afines a las características ambientales del vivero y de la zona a repoblar. Además deberá garantizarse un control sanitario y en distintas especies puede además otras variables, como puede ser para determinadas especies su peso.
- *Determinación de las condiciones generales de cultivo.* Hace referencia a todos los aspectos del mismo como:
  - Condiciones ambientales del cultivo: luz y temperatura.
  - Elección del tipo de contenedor
  - Elección del tipo de sustrato
  - Densidad de cultivo
  - Programa de riego
  - Programa de fertilización
  - Micorrización
  - Control fitosanitario
- *Alzado.* Corresponde al momento en que se da por terminado el cultivo, a partir del cual la planta ya está dispuesta a salir al monte. Es el momento de hacer, por parte del viverista, la caracterización final de la planta con arreglo a los atributos que previamente se hayan seleccionado.

- *Selección, empaquetado, almacenaje y transporte.* En las plantas en contenedor, aunque no es una operación tan crítica como en plantas a raíz desnuda también deberán controlarse las condiciones del almacenamiento. Debe vigilarse la duración y las condiciones del transporte y evitar largos viajes por lo que puede ser conveniente controlar por parte del repoblador mediante albarán correspondiente la fecha de salida del vivero. En cuanto a las condiciones están deberán ser las más apropiadas para evitar desecaciones o sobrecalentamientos en el material.
- *Recepción en monte y manejo por el plantador.* El repoblador deberá recibir adecuadamente la planta preparándole sitios que eviten problemas de bajas o muy altas temperaturas, vientos fuertes, daños por fauna o ganado. Asimismo, deberán regarse durante el tiempo que dure su estancia en el monte y proteger de las posibles heladas.

En ambientes mediterráneos, la limitación del medio más importante para el desarrollo de la planta en el monte, es la falta de agua. Entre las diferentes estrategias que las plantas tienen para amortiguar el déficit hídrico, las más importantes que utilizan y combinan entre sí son (Joffre *et al.*, 2001): reducción de la superficie foliar sometida a la transpiración, aumento de la profundidad de las raíces y la actividad de los estomas. En concreto, el aumento de la densidad y profundidad de las raíces puede ser considerado como el mecanismo que mayor importancia tiene en la mejora de la absorción de agua.

Algunas consecuencias inmediatas de lo anterior, y que afectan al cultivo de planta en vivero, son conseguir que la planta tenga una buena reserva de carbohidratos ya que pueden transcurrir varias semanas después de la plantación antes de que la eficiencia fotosintética sea normal. Gran parte de las marras después de la plantación se producen por la deshidratación debido a que las raíces no han sido capaces, por su limitado crecimiento y exploración del suelo, de captar los recursos suficientes.

A pesar de la evidencia, en la influencia de estas etapas, en pocas ocasiones se ha investigado en los efectos combinados del genotipo, las prácticas culturales en vivero y los procedimientos de preparación del suelo. Las mejoras en cada una de estas fases se ha considerado siempre con un efecto aditivo e independiente, sin considerar para nada las interacciones entre cada una de ellas (South *et al.*, 2001; McKay y Mason, 2001). Es necesario, por tanto, una integración del mejorador, el viverista y el repoblador, ya que todos persiguen el mismo objetivo.

## 4.2. ATRIBUTOS DE CALIDAD

Según queda reflejado en la Figura 1, la evaluación de la calidad de la planta se realiza cuando ha terminado la fase de cultivo en vivero, por lo que los atributos que se definan para definir esa calidad deben poder predecir el comportamiento de la planta en monte. Las características que según ciertos autores debería tener el test ideal para valorar la calidad, son (adaptado de Zaer, 1985 en Navarro y Pemán, 1995):

- a) Rápido, asegurándose que no hay cambios fisiológicos en la planta
- b) Sencillo de aplicar
- c) Barato y accesible

- d) Fiable
- e) No destructivo
- f) Cuantitativo
- g) Con capacidad predictiva

No existe ningún test único, que permita valorar la calidad de la planta en los términos anteriormente expuestos. Al igual que en la medicina, siguiendo el símil de Ritchie (1984), no existe tampoco un test único para valorar la salud de las personas, tampoco existe para valorar la calidad de las plantas (Figura 2).

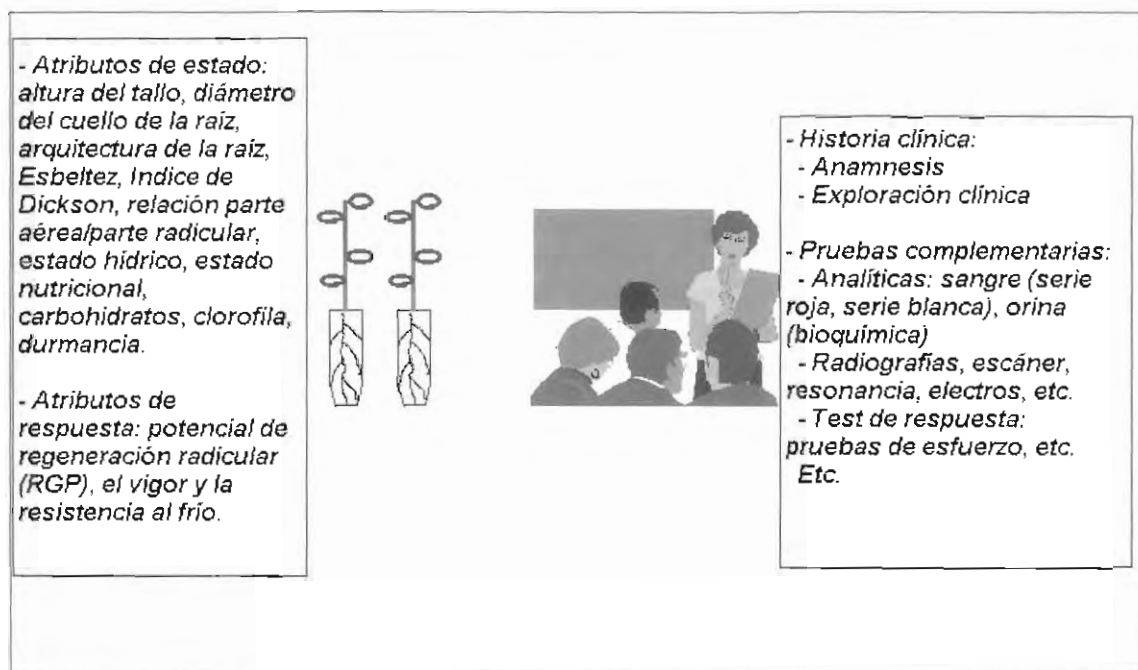


Figura 2: Esquema del símil de Ritchie entre los tests que definen la calidad de la planta y la salud de las personas.

La calidad de una planta y por tanto su potencial de arraigo, supervivencia y crecimiento, es consecuencia, al igual que en el ejemplo anterior, de una serie de características morfológicas y fisiológicas. Siguiendo a Ritchie (1984) estas se pueden agrupar en dos categorías:

- *Atributos de estado*
- *Atributos de respuesta o comportamiento*

- **Atributos de estado:** reflejan algunas características morfológicas y fisiológicas de la planta. Estos atributos considerados en su conjunto permiten definir criterios de calidad pero considerados individualmente tienen un valor de predicción bajo.

Los atributos morfológicos son de fácil medida, se mantienen a medio plazo, pero son fácilmente modificables por las prácticas de vivero y tienen una limitada capacidad de predicción por sí solos. Los más utilizados son: *altura del tallo, diámetro del cuello de la raíz, arquitectura de la raíz, esbeltez, índice de Dickson, relación parte aérea / parte radicular.*

Los atributos fisiológicos tienen un mayor grado de predicción sobre la respuesta a los factores ambientales externos. Entre ellos están: *estado hídrico*, *estado nutricional*, *carbohidratos*, *clorofila* *durmancia*. Presentan como inconvenientes, su gran variabilidad en el tiempo, la falta de rapidez de algunos de los test, un coste elevado y una imposibilidad de realizarlos *in situ*.

- **Atributos de respuesta o comportamiento:** son medidos al someter a la planta a unas condiciones particulares y valorar como responde la misma en términos de supervivencia y crecimiento. Estos son: *Potencial de regeneración radicular (RGP)*, *el vigor* y *la resistencia al frío*.

En la tabla 1, se describen con más detalle cada uno de los mismos.

Ante la imposibilidad de un índice que integre todos estos aspectos, y la complejidad de estimación de algunos de los atributos fisiológicos, las normas de calidad exterior de los materiales forestales de reproducción, hoy vigentes, utilizan sólo los caracteres morfológicos como indicadores.

Para ciertas especies como *Pinus radiata* (Menzies *et al.*, 2001), *Quercus suber*, *Quercus ilex*, *Ceratonia siliqua* y *Olea europea* (Navarro *et al.*, 1998c), *Retama sphaerocarpa*, *Cistus ladanifer*, *Spartium junceum*, *Cytisus scoparius* (Parra *et al.*, 2000) se han descrito especificaciones sobre la calidad final de las especies en función de ciertos atributos de estado y de respuesta.

**Tabla 1: Relación de atributos de calidad utilizados para la caracterización de la calidad de la planta (Adaptado de Navarro, 1998)**

|   | Concepto   | Medición   | Correlaciones en cuanto a supervivencia y crecimiento en campo.  |
|---|--|--|--|
| Atributos de estado<br><i>Atributos morfológicos</i>          |  |  |  |
| Altura parte aérea (h)  | Longitud de la planta desde el cuello de la raíz a la yema terminal. Ofrece una idea del área fotosintetizante y transpirante. Es muy dependiente de la fertilización, el riego y la densidad de cultivo en vivero.  | Flexómetro. Se expresa en cm.  | Su valor inicial a la salida del vivero ofrece resultados contradictorios con los valores de supervivencia y crecimiento en monte (Cortina <i>et al.</i> , 1997; Villar <i>et al.</i> , 2001; Zazo <i>et al.</i> , 2001). En ambientes no limitantes para el crecimiento y donde la competencia con la vegetación herbácea es elevada, se han encontrado correlaciones entre la supervivencia y la altura inicial (Kormanik <i>et al.</i> , 19). En lugares áridos las plantas pequeñas pueden presentar ventajas (Lloret <i>et al.</i> , 1999). |
| Diámetro del cuello de la raíz (d)                            | Diámetro de la zona de transición entre el tallo y la raíz que en los árboles y plantas se distinguen a veces por un ligero ensanchamiento. Da una aproximación de la sección transversal de transporte de agua, de la resistencia mecánica y de la capacidad relativa para tolerar altas temperaturas en la superficie del suelo. Está relacionado con otros atributos morfológicos como el peso seco de la parte aérea y radicular y la morfología de las raíces (Mexal y Landis, 1990). En vivero este valor se ve afectado por la densidad de cultivo, fertilización, el repicado. | Calibre o regla de peine. Se expresa en mm.                                | Se ha mostrado un buen estimador de la respuesta en campo (Mexal <i>et al.</i> , 1990; Matusson, 1997; Noland <i>et al.</i> , 2001). Se han encontrado fuertes correlaciones con la tasa de supervivencia (Johnson y Cline, 1991; Noland <i>et al.</i> , 2001). Se ha encontrado correlación con supervivencia en PH y no en QI (Cortina, 1997)  |
| Relación Parte aérea (Pa)/ Parte radicular (Pr) en peso seco. | Da una idea de la relación entre la parte transpirante y la absorbente. En vivero este valor se ve afectado por la práctica de repicado.   | Las plantas se secan en estufa a 70°C durante 72 h ó a 110°C durante 24 h. | Mayor resistencia a la desecación. Alta supervivencia y crecimiento en lugares secos (Johnson y Cline, 1991). Para <i>Pinus</i> se dan valores como aceptables de 1/3, 2/3 como críticos y más de 3 inaceptables (Gil y Pardos, 1996).   |

| Concepto  | Medición   | Correlaciones en cuanto a supervivencia y crecimiento en campo.   |
|---|--|---|
| <u>Atributos de estado</u>                          |  |   |
| <u>Atributos morfológicos</u>                       |  |   |
| Esbeltz (E)   | $E = \frac{h(\text{cm})}{d(\text{mm})}$  | Existen correlaciones con la supervivencia (Cicarese, 1997). En PH se recomienda 1.5/2.2 y en QI 0.7/1 (Dominguez, 1997)  |
| Arquitectura parte aérea                            | Área foliar, peso seco   | El volumen radicular presenta buenas correlaciones con el crecimiento en altura en <i>Pseudotsuga menziesii</i> (Rose et al., 1991) y en <i>Pinus strobus</i> (Noaland et al., 2001). En cuanto al valor de FOI.R se han encontrado correlaciones con la supervivencia y el crecimiento en <i>Quercus rubra</i> . <i>Pinus radiata</i> , <i>Pinus palustris</i> , <i>Pinus echinata</i> y <i>Pinus banksiana</i> (Cambiar, 1984, Schultz y Thompson, 1997, Hallgren et al., 1993, Noland et al., 2001). |
| Arquitectura sistema de raíces                      | Análisis de imagen (longitud, número), peso seco.  |   |
| Índice de calidad morfológica de Dickson (ICD ó QI) | $ICD \text{ ó } QI = \frac{\text{Peso seco total (g)}}{E+(Pa/Pr)}$   |   |
| <u>Atributos fisiológicos</u>                       |  |   |
| Estado hidrico                                      | $CHR = \frac{\text{Peso fresco} - \text{Peso seco}}{\text{Peso turgente} - \text{Peso seco}}$<br>Psicrómetros, Cámara de Scholander, Curvas de presión -volumen. |   |
| Contenido hidrico relativo (%) (CHR)                |  |   |
| Potencial hidrico ( $\psi$ ) (MPa)                  |  |   |
| Potencial osmótico ( $\pi$ ) (MPa)                  |  |   |
| $\psi = \pi + P$ (potencial de turgor)              |  |   |

|   | Concepto   | Medición   | Correlaciones en cuanto a supervivencia y crecimiento en campo.   |
|---|--|--|---|
| Estado nutricional                                  | Balance de nutrientes en la planta, principalmente en N, P y K. El contenido del N en las hojas puede ser un estimador de la capacidad fotosintética dado la alta concentración en este elemento de los enzimas (rubisco) implicados en la fotosíntesis. | Diferentes métodos, como la espectrofotometría (absorción atómica o de llama), colorimetría y análisis químicos (Kjedahl, etc.). Se expresa en mequiv, %, ppm, mg/g de biomasa seca. | No es fácil encontrar correlaciones directas, salvo en situaciones extremas. Para PH el contenido en N foliar > 2% (Oliet <i>et al.</i> , 1997), 1.5% (Royo <i>et al.</i> , 1997), mejora la supervivencia. Algunos valores que se han obtenido para el N son: 0.16% para PN, 1.24 para QS, 1.1 a 2.2 para CS y 1.95 para OE. |
| Carbohidratos                                       | Los carbohidratos totales no estructurales (CTN) se componen de carbohidratos solubles (azúcares) y de reserva (almidón)   | Los diversos procedimientos están referidos en (Ciccarese, 1997)   | Puede dar alguna indicación de la salud y vigor de la planta. En PH CTN > 70 mg/g (Royo <i>et al.</i> , 1997). Para PP y QI se han presentado valores > 88 y > 127 respectivamente.   |
| Clorofila   | Contenido en clorofila de las hojas. Si la planta ha sufrido algún estrés, su eficiencia fotosintética disminuirá respecto de aquella que los tenga inalterados.   | Mediante fluorescencia de clorofila.   |   |
| Dormición   | Una planta durmiente presenta una resistencia al estrés máxima. La dormición de las yemas implica la falta de actividad mitótica de sus células.   | Los distintos métodos (número de días a la rotura de yemas (DBB), índice mitótico y otros están referidos en Mattsson (1997) y Ciccarese (1997)                                      | No son métodos del todo precisos para extrapolar los cambios que se producen en las yemas al resto de la planta. (Royo, 1995)   |
| <u>Atributos de respuesta o comportamiento</u>      |  |  |   |
| Potencial de regeneración radicular (RGP, PRR, CCR) | Valoración de la capacidad de una planta para reproducir nuevas raíces, durante un plazo de tiempo determinado, bajo unas condiciones medioambientales óptimas para el crecimiento de las mismas.  | Ensayo específico (Ritchie y Dunlap, 1980). Consiste en contar el número de raíces blancas formadas tras repicado bajo condiciones de agua y I <sup>o</sup> óptimas.                 | Se han encontrado correlaciones con la supervivencia en PH y QI (Royo, 1997; Vallas-Cuesta <i>et al.</i> , 1999).   |

|                     | Concepto  | Medición   | Correlaciones en cuanto a supervivencia y crecimiento en campo.   |
|---------------------|---|--|---|
| Vigor               | Los test de vigor consisten en valorar el daño sufrido (tasa de mortalidad al cabo de un periodo, generalmente dos meses) por una muestra de plantas sometidas a unas condiciones de estrés respecto de un lote que sirve de control. | El test de vigor más usado es el OSU (Oregon State University), descrito en Ritchie (1984).  | Se han presentado buenas correlaciones con la supervivencia en <i>Pseudotsuga menziesii</i> (McCreary y Dureya, 1985)   |
| Resistencia al frío | Temperatura mínima para la cual una muestra de plantas sobrevive o presenta un grado de daño determinado.   | El término LT <sub>50</sub> (temperatura letal para el 50% de la población), es usado frecuentemente para determinar el nivel de resistencia.<br>Su procedimiento esta descrito en Ritchie (1984). | Esta altamente correlacionado con la resistencia general al estrés de las plantas. En PH se recomienda que el índice de daño a -8°C no supere el 35% (Royo, 1997) |

Existen otros test como la termografía de infrarrojos, parámetros de intercambio gaseoso, reguladores de crecimiento, análisis térmicos diferenciales (Mattisson, 1997, Ciccarese, 1997), que precisan de un mayor contraste experimental.

selección, caracterización ecológica y caracterización fenotípica. El proceso está descrito con detalle en Galera *et al.*, (1997).

Los materiales seleccionados tienen como características una calidad genética aceptable que aumenta con la intensidad de la selección. Mantienen una variabilidad genética ya que la recolección se realiza en un gran número de árboles en una superficie amplia. Garantizan una buena adaptación al proceder de una región de procedencia con unas condiciones ecológicas parecidas.

**MFR cualificado:** se obtienen de materiales de base que se corresponden con huertos semilleros, progenitores de familias, clones o mezclas de clones, cuyos componentes han sido individualmente seleccionados fenotípicamente y satisfacen las exigencias establecidas en la norma.

- Huertos semilleros: son plantaciones de clones o familias seleccionadas, suficientemente aislada para reducir o evitar la polinización procedente de fuentes externas, gestionada para la producción de cosechas de semillas frecuentes, abundantes y con fácil recogida.
- Progenitores de familia: árboles utilizados para obtener progenie, mediante polinización controlada o libre, de un progenitor identificado utilizado como hembra, con el polen de un progenitor o de una serie de progenitores identificados (fratias) o no identificados (semifratias).
- Clon: grupo de individuos (*ramets*) procedentes originariamente de un único individuo (*ortet*) mediante propagación vegetativa, como esquejes, micro-propagación, injertos, acodos o divisiones.

**MFR controlado:** se obtienen de materiales de base que se corresponden con masa o rodales, huertos semilleros, progenitores de familias, clones o mezcla de clones. La superioridad del material de reproducción debe haber sido demostrada mediante ensayos comparativos o la estimación de la superioridad de los materiales de reproducción basada en la evaluación genética de los componentes de los materiales de base.

El **MFR** de *Populus sp* sólo puede ser comercializado con esta categoría. El Catálogo de clones admitidos como materiales de base del género *Populus* son los siguientes (Tabla 4):

Tabla 4: Clones admitidos del género *Populus*

|  | <b>Clones</b>  |
|--|--|
| <i>Populus x euramericana</i>                  | Agathe, Campeador, Canadá blanco, Flevo, I-MC, I-214, I-488, Luisa Avanzo y Triplo |
| <i>Populus deltoides x Populus alba</i>        | 114/69   |
| <i>Populus deltoides</i>                       | Lux  |
| <i>Populus nigra</i>                           | Tr 56/75   |
| <i>Populus trichocarpa x Populus deltoides</i> | Beaupre, Raspalje.   |

Aunque hasta la fecha la UE regula solo la *comercialización* del **MFR**, el desarrollo de la nueva directiva ampliará el control a la producción. Para la *comercialización*, cada lote de **MFR** deberá contar con una *etiqueta* o *documento de acompañamiento* rellena por el productor o proveedor en donde se refleje: nombre botánico de los **MFR**, variedad, región de procedencia, año de recolección, nombre del productor y cantidad. Esta etiqueta tiene por objeto asegurar la correcta comercialización de los MFR al mismo tiempo que pretende garantizar un control de su identidad genética.

Para las especies no reguladas por estas normas, la categoría de comercialización del MFR será *No Identificado*, correspondiéndole una etiqueta de color blanco. Para estas especies se han definido *las Regiones de Identidad y Utilización (RIUs)*, que se consideran como una parte del territorio, ecológicamente homogénea, donde el material de reproducción presenta un comportamiento y adaptación similar (García del Barrio *et al.*, 2001).

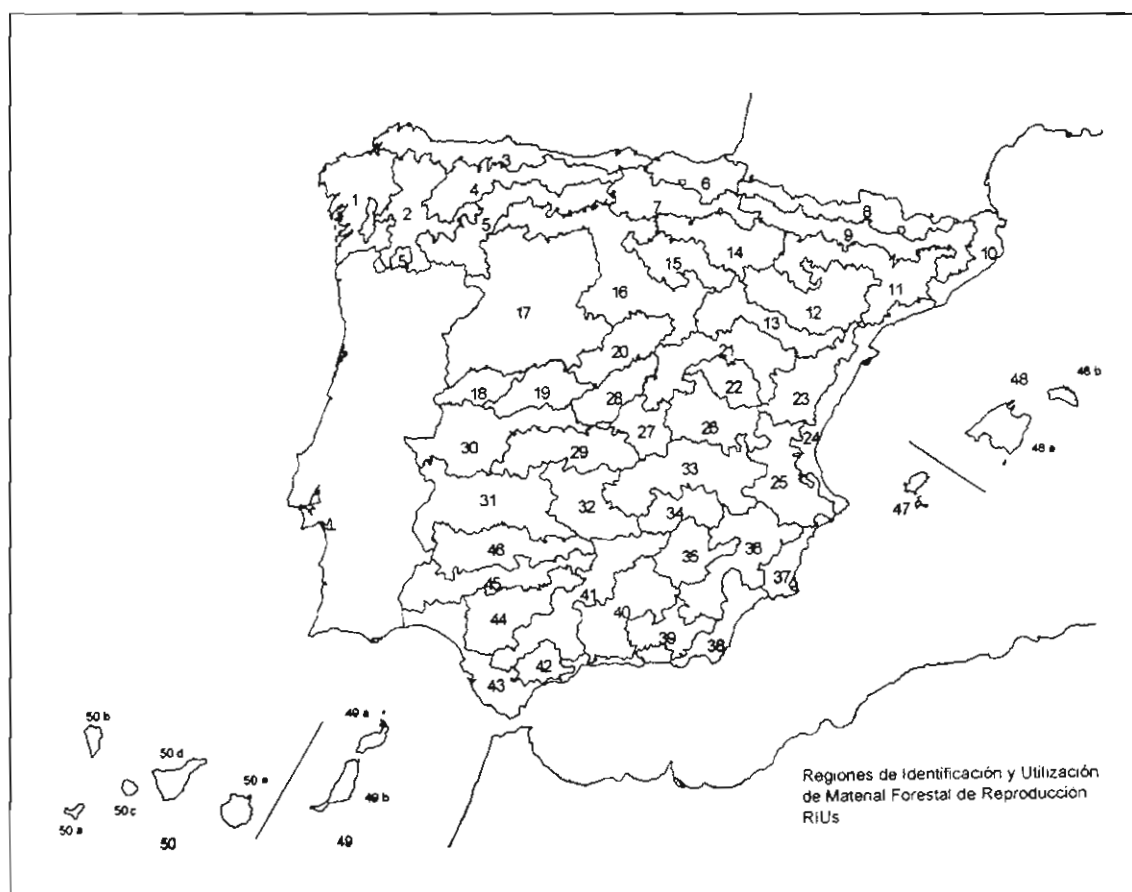


Figura 4: Regiones de Identificación y Utilización del Material Forestal de Reproducción

El número de RIUs definidas es de 50, más Ceuta y Melilla. Son equivalentes a las Regiones de procedencia para aquellas especies que no tienen definidas estas últimas. Además de esta utilidad, es posible mediante la oportuna homologación ecológica entre regiones, permitir la utilización de un material procedente de una RIU en otra, donde ese material no esté presente.

### 4.3.2. CALIDAD EXTERIOR DEL MFR

#### 4.3.2.1. Semillas

La calidad de la semilla, se determina en la normativa mediante su pureza específica. Los valores exigidos en pureza específica según la norma de la UE y según establece el RD.1356/1998 se detallan a continuación (Tabla 6).

Tabla: Pureza específica exigida a los lotes de semillas

|  | Contenido máximo en frutos y semillas de otras especies forestales (% en peso) |
|--|--|
| <b>Norma UE (OM.21.1.89)</b>   |  |
| <i>Abies alba</i> , <i>Fagus sylvatica</i> , <i>Quercus petraea</i> (*), <i>Q. robur</i> (*)                                       | 0,1  |
| <i>Pinus sylvestris</i> , <i>P. nigra</i>  | 0,5  |
| <b>Norma española (RD.1356/1998)</b>   |  |
| <i>Abies pinsapo</i> , <i>Pinus canariensis</i> , <i>P. halepensis</i> , <i>P. pinaster</i> , <i>P. pinea</i> , <i>P. uncinata</i> | 0,1  |
| <i>Quercus faginea</i> , <i>Q. ilex</i> , <i>Q. pyrenaica</i> , <i>Q. suber</i>  | 0,5  |

(\*): la presencia de un 1% como máximo de frutos de otros *Quercus* no se considera una impureza

Los lotes de semillas para comercializarse deberán indicar en su etiqueta y documento de acompañamiento la siguiente información:

*Especies reguladas por la norma de la UE.* Las palabras Normas UE, el número de gérmenes vivos por kilogramo de producto comercializado de semilla, la pureza, la facultad germinativa, el peso de 1.000 granos del lote de semillas y en su caso la indicación de que las semillas se han conservado en cámara fría.

*Especies reguladas por el RD.1356/1998.* En la etiqueta, se detallará como mínimo la siguiente información: las palabras Normas españolas, especie, variedad, categoría, material de base (si es controlado), región de procedencia (si es identificado), material autóctono o no autóctono, cantidad, productor o proveedor, número del lote.

En el Documento de acompañamiento del productor o proveedor, se detallará como mínimo la siguiente información: especie, variedad, categoría, material de

base (si es controlado), Región de Procedencia (si es identificado), material autóctono o no autóctono, cantidad, número del lote, pureza específica, germinación y/o capacidad germinativa (excepto en *Quercus*) con fecha de análisis, el peso de 1.000 semillas, campaña de recolección, semillas procedentes de huertos semilleros, conservación en cámara frigorífica y productor o proveedor.

La nueva directiva de la UE exige para la comercialización de los lotes de semillas de las especies que regula una pureza específica mínima del 99%.

#### 4.3.2.2. Plantas y Partes de plantas

La calidad de la planta, se garantiza, exigiendo que los lotes de planta tengan al menos un 95% de plantas de calidad cabal y comercial. La calidad cabal y comercial se determina de acuerdo a unos criterios de conformación y estado sanitario, y a unos criterios cuantitativos. En las Tablas siguientes (Tabla 7 y Tabla 8) se recogen los criterios fijados por la UE y el RD.1356/1998.

La calidad de las partes de plantas se garantiza al exigir en los lotes un 95% de partes de plantas de calidad cabal y comercial. No se consideran de calidad cabal y comercial las partes de plantas:

- Que presentan defectos de conformación o un vigor insuficiente.
- Cuya sección o secciones no sean limpias.
- Parcial o totalmente desecadas o con heridas, con excepción de las heridas de corte por podas de cultivo.
- Con necrosis o que presenten daños causados por organismos nocivos.
- Que presenten cualquier otra alteración que disminuya su valor para la multiplicación.

Para las partes de plantas, los criterios establecidos se presentan en la Tabla 9.

Tabla 7: Criterios cuantitativos exigidos en todo el Estado

|                         | Edad máxima<br>(años) | Altura Mínima<br>(cm) | Altura Máxima<br>(cm) | Diámetro mínimo del<br>cuello (mm) |
|-------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------------------|
| <i>Abies alba</i>       | 4                     | 10                    | 15                    | 4                                  |
|                         | 5                     | 15                    | 25                    | 5                                  |
|                         | 5                     | 25                    | 35                    | 5                                  |
|                         | 5                     | 35                    | 45                    | 6                                  |
|                         | 5                     | 45                    | 60                    | 8                                  |
|                         | -                     | 60                    | +                     | 10                                 |
| <i>Pinus sylvestris</i> | 2                     | 6                     | 15                    | 3                                  |
|                         | 3                     | 15                    | 25                    | 4                                  |
|                         | 3                     | 25                    | 35                    | 5                                  |
|                         | 3                     | 35                    | 45                    | 6                                  |
|                         | 4                     | 45                    | 55                    | 7                                  |
|                         | 2                     | 6                     | 15                    | 3                                  |
|                         | 3                     | 15                    | 25                    | 4                                  |

| <b>Regiones mediterráneas</b> |       |     |         |      |      |
|-------------------------------|-------|-----|---------|------|------|
| 0 + 1                         | 0,5 m | S1a | 15 a 20 | 2    | 3,5  |
|                               |       | S1b | 21 a 25 | 2    | 3,75 |
|                               |       | S1c | 26 a 30 | 2,5  | 4    |
|                               |       | S1d | 31 a 35 | 2,5  | 4,5  |
|                               |       | S1e | > 36    | 5    | 3    |
| > 1 año                       | 1 m   | S2  | 25 a 30 | 3,25 | 6,5  |
|                               |       | S3  | 31 a 38 | 3,75 | 8    |
|                               |       | S4  | 39 a 46 | 4    | 9    |
|                               |       | S5  | 47 a 54 | 5    | 10   |
|                               |       | S6  | > 55    | 5    | 12   |

Tabla 8: Criterios de conformación y estado sanitario exigidos en todo el Estado

| Defectos que excluyen a las plantas de la calidad cabal y comercial   | <i>Populus</i> | <i>Abies alba</i> | <i>Pinus nigra</i><br><i>P. sylvestris</i> | <i>Quercus robur</i> ,<br><i>Q. petraea</i> y<br><i>Fagus sylvatica</i> | <i>Abies pinsapo</i> | <i>Pinus pinaster</i> ,<br><i>P. pinea</i> ,<br><i>P. halepensis</i> ,<br><i>P. canariensis</i> y<br><i>P. uncinata</i> | <i>Quercus faginea</i> ,<br><i>Q. pyrenaica</i> ,<br><i>Q. ilex</i> y <i>Q. suber</i> |
|---|----------------|-------------------|--|---|----------------------|---|---|
| Plantas con heridas no cicatrizadas salvo heridas de corte para suprimir un exceso de guías salvo otras heridas de corte para podas de cultivo salvo heridas de ramas | *<br>*<br>*    | *<br>*<br>*       | *<br>*<br>*                                | *   | *                    | *   | *   |
| Plantas total o parcialmente desecadas  | *              | *                 | *  | *   | *                    | *   | *   |
| Tallo con una fuerte curvatura  | *              | *                 | *  |   | *                    | *   | *   |
| Tallo múltiple  | *              | *                 | *  | *   | *                    | *   | *(6)  |
| Tallo con muchas guías  | *              | *                 | *  |   | *                    | *   | *(6)  |
| Tallo y ramas con parada invernal incompleta  | *(2)           | *(1)              | *(1)                                       |   | *(7)                 | *(7)  | *(7)  |
| Tallo desprovisto de yema terminal sana   |                | *(1)              | *(1)                                       |   | *                    | *   | *   |
| Ramificación insuficiente   |                | *                 |  |   | *                    | *   |   |
| Acículas más reciente dañadas, hasta el punto de comprometer la supervivencia   |                | *                 | *  |   | *                    | *   |   |
| Cuello dañado (4)   | *(3)           | *                 | *  | *   | *                    | *   | *   |

|  |   |   |   |   |      |   |   |   |      |
|--|---|---|---|---|------|---|---|---|------|
| Raíces principales con reviramientos y remontes (4)                              |   | * | * | * | *    | * | * | * | *    |
| Raíces secundarias inexistentes o seriamente amputadas (4)                       |   | * | * | * | *(5) | * | * | * | *(8) |
| Plantas que presentan graves daños por agentes nocivos                           | * | * | * | * | *    | * | * | * | *    |
| Indicios de recalentamiento, de fermentación o humedad debidos al almacenamiento | * | * | * | * | *    | * | * | * | *    |

(1): salvo si las plantas se extraen del vivero durante el período vegetativo (2): a excepción del clon *Populus deltoides angulata*. (3) salvo para las plantas de *Populus* recepadas en vivero (4): salvo para las estaquillas (5): salvo para *Quercus borealis*. (6): requisito no necesario en el caso de destinarse las plantas a repoblaciones de carácter no productivo, (7): solo se admitirán plantas de estas características en plantaciones de otoño, en lugares y momentos libres de heladas (8): se excluyen las sp del gen. *Quercus* en las que no hay gran desarrollo de cabello radical. La ausencia total, no obstante, implica el rechazo de la planta.

Tabla: Criterios de conformación para las partes de plantas

|   | <b>Gen <i>Populus</i></b>   | <b>Otras especies</b> |
|---|---|-----------------------|
| Savia movida.   | X   |                       |
| Arbol con más de dos periodos vegetativos.  | X   | (**)                  |
| Anomalías de forma, como ahorquillamientos, ramificación, curvatura excesiva.                   | X   |                       |
| Menos de dos yemas bien conformadas.  | X   |                       |
| Sección o secciones no limpias.   | X   | X                     |
| Parcial o totalmente desecadas, con heridas o cuya corteza este total o parcialmente despegada. | X   |                       |
| Necrosis o con daños causados por organismos nocivos.   | X   | X                     |
| Cualquier otra alteración que disminuya su valor para multiplicación.                           | X   | X                     |
| Defectos de conformación o vigor insuficiente.  |   | X                     |
| Dimensiones mínimas.  | (*) Longitud: 20 cm<br>Diámetro en el extremo:<br>Clase 1/CEE: 8 mm, Clase 2/CEE: 10 mm | (**)                  |

(\*): Sólo se aplicarán a las partes de plantas de la Sección Aigeiros, con excepción de esquejes de raíces y de los esquejes herbáceos. (\*\*): se excluirán aquellas cuya edad o dimensión sean inadecuadas para la multiplicación.

En la nueva Directiva de la UE no se considerará calidad comercial y cabal las plantas que presenten algunos de los siguientes defectos:

- a) Heridas distintas de las causadas por la poda o heridas debidas a daños de arranque.
- b) Ausencia de yemas susceptibles de producir un brote apical.
- c) Tallos múltiples.
- d) Sistema radicular deformado.
- e) Signos de desecación, recalentamiento, enmohecimiento, podredumbre o daños causados por organismos nocivos.
- f) Plantas no bien equilibradas.

Los criterios morfológicos que establece la nueva Directiva son:

Tabla: Criterios cuantitativos para las especies de clima mediterráneo según la Directiva 105/1999

|                          | Edad<br>(savias) | Alturas        |                | Diámetro mínimo<br>(mm) cuello de la raíz<br>independiente de la<br>edad |
|--------------------------|------------------|----------------|----------------|--|
|                          |                  | Mínimo<br>(cm) | Máximo<br>(cm) |  |
| <i>Pinus halepensis</i>  | 1                | 8              | 25             | 2  |
|                          | 2                | 12             | 40             | 3  |
| <i>Pinus leucodermis</i> | 1                | 8              | 25             | 2  |
|                          | 2                | 10             | 35             | 3  |
| <i>Pinus nigra</i>       | 1                | 8              | 15             | 2  |
|                          | 2                | 10             | 20             | 3  |
| <i>Pinus pinaster</i>    | 1                | 7              | 30             | 2  |
|                          | 2                | 15             | 45             | 3  |
| <i>Pinus pinea</i>       | 1                | 10             | 30             | 3  |
|                          | 2                | 15             | 40             | 4  |
| <i>Quercus ilex</i>      | 1                | 8              | 30             | 2  |
|                          | 2                | 15             | 50             | 3  |
| <i>Quercus suber</i>     | 1                | 13             | 60             | 3  |

#### 4.4. BIBLIOGRAFÍA

Birchler; Rose; Royo, A. y Pardos, JA. 1998. *La Planta ideal: revisión del concepto para parámetros definitorios e implementación práctica*. Investigación Agraria: Sistema recursos Forestales. Vol 7 (1 y 2): 109-121.

Ciccarese, L. 1997. *La valutazione della qualità del materiale vivaistico forestale*. Monti e Boschi 6: 24-36.

Cortina, J.; Valdecantos, A.; Seva, JP.; Vilagrosa, A.; Bellot, J.; Vallejo, R. 1997. *Relación tamaño - supervivencia en plántones de especies arbustivas y arbóreas mediterráneas producidas en vivero*. Actas del II Congreso Forestal Español. Pamplona. Mesa 3: 159-164.

García del Barrio, JM; de Miguel, J.; Alía, R. y Iglesias, S. (Coord.). 2001. *Regiones de Identificación y Utilización de Material Forestal de Reproducción*. Ministerio de Medio Ambiente. Serie Cartográfica. Madrid. 293 pg.

Gil, L. y Pardos, JA. 1997. *Aspectos funcionales del arraigo. La calidad fisiológica de la planta forestal*. Cuadernos de la SECF nº 4, pp: 27-33.

Joffre, R; Rambal, S. y Winkel, T. 2001. *Respuestas de las plantas mediterráneas a la limitación de agua: desde la hoja hasta el dosel*. En: Ecosistemas mediterráneos: Análisis funcional. Zamora y Puignaire (Editores). Consejo Superior de Investigaciones Científicas y Asociación Española de Ecología Terrestre. Pg: 37-59.

Johnson y Cline. 1991. *Seedling quality of southern pines*. En: Forest Regeneration Manual. Dureya y Dougherty (eds). Kluwer Acc. Pub.:143-159.

Kormanik, P.; Sung, SJ.; Kormanik, L y Zarnock, S. *Oak regeneration - ¿Why big is better?.* En: Landis y Cregg (coords) National Proceedings, Forest and Conservation Nursery Associations. US Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station: 117-123.

Mckay, HM y Mason, EG.2001. *Modelling the effects of nursery and site management on the early performance of Picea sitchensis*. New Forests 22: 111-131.

Martínez, G.; Planelles, R.; Zazo, J.; Bela Quero, D.; Vívar, A. y López, M. 2001. *Estudio de la influencia de la fertilización nitrogenada e iluminación sobre atributos morfológicos y fisiológicos de brinzales de Quercus suber cultivado en vivero. Resultados tras el primer año de campo*. III Congreso Forestal Español. Granada. Actas de la 3ª Mesa, pp:784-790.

Mattsson, A. 1997. *Predicting field performance using seedling quality assessment*. New Forest 13: 227-252.

Menzies, ML; Holden, DG y Klomp, BK. 2001. *Recent trends in nursery practice in New Zeland*. New Forests 22: 3-17.

Mexal, JG y Landis, TD.1990. *Target seedlings concepts: height and diameter*. En: Rose, Campbell, y Lñandis (Eds). Proceedings Target seedling symposium.pp:17-36.

Esta técnica de riego con aguas de escorrentía se sigue utilizando para aumentar la cantidad de agua que recibe cada árbol en olivares de secano de determinadas zonas de Almería, Jaén y Granada. Asimismo, en otras regiones semiáridas del mundo como Afganistán, Níger, Kenia, Israel, Alto Volta, Méjico, Arizona, Chile y Jordania vienen desarrollando proyectos en los que han sido introducidas las técnicas de los Nabateos (Boers *et al.*, 1982; Bruins *et al.*, 1986; Andrade y Wrann, 1997, Moshe, 1994).

La formación de microcuencas para el aprovechamiento de las escorrentías, asociada a la preparación del suelo, se comenzó a utilizar en el año 1984, en repoblaciones de zonas semiáridas de Almería, por E. De Simón, J. M. Pérez y L. Mazo, en los montes del Estado "Las Provincias", donde se repoblaron 39 Has con preparación del suelo en banquetas con microcuencas, y 150 Has en el monte "La Peporra", situados en la Vertiente Sur de Sierra de Gádor. En la Umbría de Sierra de Filabres se repoblaron ese mismo año, 50 Has, en banquetas con microcuencas, en el monte "Solana de los Parras" situado en el término municipal de Bayarque.

Entre los años 1987 y 1990 se repoblaron, también en Almería 290 Has en banquetas con retroexcavadora y microcuencas en montes de la Junta de Andalucía situados en tres zonas forestales, Sierra Alhamilla, Vertiente Sur de Sierra de Gádor y Umbría de Sierra de Filabres.

Esta técnica milenaria para el aprovechamiento del agua de escorrentía consiste en establecer un grupo de árboles en un pequeño bancal formando un murete de piedra en seco, sobre el que se forma el bancal que constituye la zona de cultivo (Figura 1).

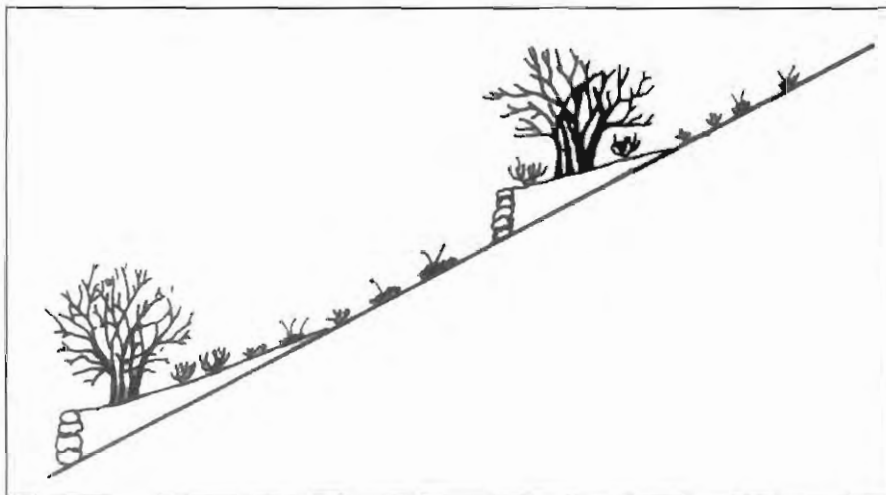


Figura 1

En el bancal se recibe el agua de lluvia y el agua de escorrentía, con lo que se consigue aumentar proporcionalmente al impluvio directo el agua de escorrentía que recibe la zona de plantación, lo que permite establecer cultivos, generalmente olivos y almendros en zonas donde no sería posible su cultivo por la aridez del clima.

Con esta técnica de cosecha de agua de escorrentía, el terreno se divide en dos partes (De Simón, 1990) (Figura 2):

- **El impluvio directo** o zona de captación de agua donde se generan las escorrentías cuando el suelo está saturado y el agua de lluvia escurre sobre la superficie del terreno: **MICROCUENCA**.
- **Zona receptora de las escorrentías** que es la zona donde se hace la plantación de árboles o de otro cultivo y que forma la base de la microcuenca.

En las preparaciones puntuales del suelo la base de la microcuenca, que es la zona de plantación y en la que generalmente se pone un sólo árbol, se puede hacer aplicando distintas técnicas de ahoyado para adaptarse a la topografía del terreno, a la vegetación existente y a la calidad del suelo, pero siempre debe retener la mayor cantidad posible de agua en la zona donde se desarrollan las raíces de cada planta repoblada, para retener las escorrentías que se producen durante los episodios de lluvia que forman escorrentías.

## BANQUETA CON MICROCUENCA RECOLECTORA CONSTRUCCION CON RETROEXCAVADORA

ADAPTADO DE E. DE SIMON 1989

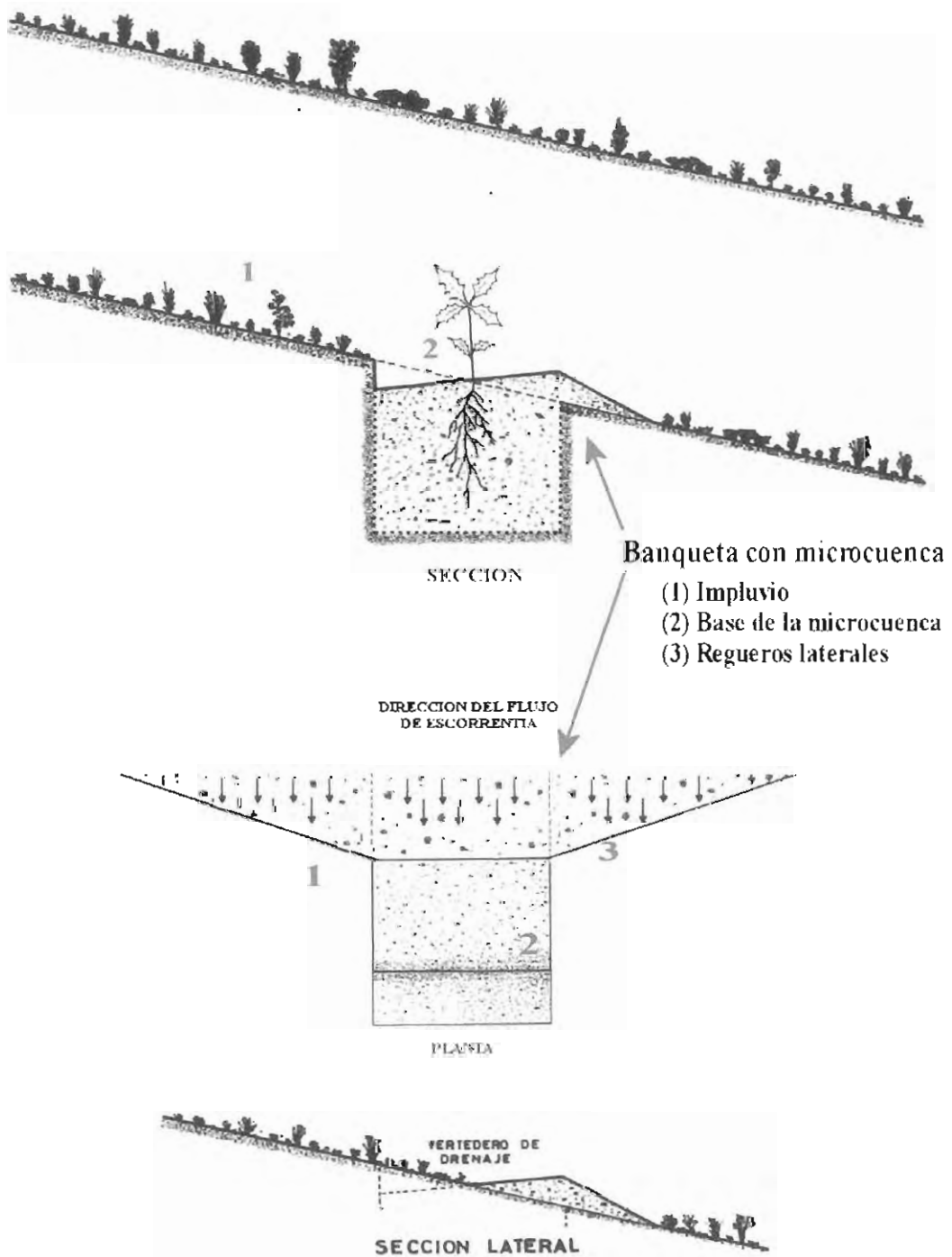


Figura 2

### 5.1.2. ESTRUCTURAS RECOLECTORAS DE AGUA ASOCIADAS A PREPARACIONES PUNTUALES. AHOYADOS CON MICROCUENCAS

En las zonas semiáridas y en los suelos deficitarios de agua, las preparaciones puntuales del suelo deben llevar asociado el aprovechamiento de las aguas de escorrentía de su impluvio directo.

En estas zonas, la primera consecuencia de las lluvias intensas de carácter torrencial es la formación de una potente lámina de escorrentía en la ladera, que conforme circula aguas abajo va aumentando su velocidad y calado, incrementando con ello su capacidad de arrastre.

Ello exige que cualquier preparación del suelo en estas zonas, contemple la regulación del flujo de agua de escorrentía originado por los episodios de lluvias intensas.

Para controlar las escorrentías y la erosión del suelo con las preparaciones puntuales, es necesario que los ahoyados formen en su superficie un cuenco donde se puedan retener las escorrentías, de forma que la reducción del volumen de las escorrentías permita disminuir la capacidad tractiva de los flujos circulantes.

Con las técnicas de preparación del suelo empleadas para regular y aprovechar el flujo del agua en una ladera, se hace una parcelación de la misma en retículos a modo de microcuencas, cuya base es la zona de plantación donde se hace el ahoyado.

La pendiente del terreno favorece la velocidad de escurrido de las aguas y, en la medida que aumente la pendiente, disminuye la posibilidad de que el agua permanezca en contacto con el suelo el tiempo suficiente para que se pueda infiltrar el volumen de agua que éste puede retener.

En los procedimientos puntuales de preparación del suelo con estructuras recolectoras de agua de escorrentía (MICROCUENCAS) se distinguen los siguientes elementos:

- *Zona de impluvio:*

**MICROCUENCA:**

**Es la zona donde se recibe el agua de lluvia que se transforma en escorrentía.** Está formada por el impluvio directo del ahoyado, ampliado mediante la formación de regueros laterales o de pequeños caballones en forma de media luna. En esta zona, el terreno conserva su vegetación y forma natural.

- *Base de la microcuenca:*

Constituye la zona de plantación y está formada por una preparación puntual del suelo, generalmente un ahoyado profundo, cuya superficie debe tener un cuenco para recoger las escorrentías que se generan en el impluvio directo.

- *Drenajes de la base de la microcuenca.*

La base de la microcuenca recibe el agua de lluvia y los caudales de escorrentía de su impluvio ampliado.

Para evacuar los caudales que excedan a su capacidad de retención, debe tener **vertederos laterales** que permitan desaguarlos al flujo superficial de escorrentías de donde proceden.

### 5.1.3. BASE DE LAS MICROCUENCAS: MODIFICACIONES EN EL PERFIL DE LOS AHOYADOS

Para retener las escorrentías en la base de las microcuencas, es necesario acondicionar la superficie del ahoyado, formando en su parte interior un **cuenco receptor** en el que se pueda recoger el agua de escorrentía que se genera en el impluvio de la microcuenca. La forma del perfil del cuenco hace, a su vez, aumentar la superficie del suelo en contacto con el agua lo que facilita su infiltración. El cuenco podrá tener diversas formas:

- **Triangular**, con la superficie del ahoyado en contrapendiente.
- **Semicircular**, con la superficie del ahoyado en forma de caballón.
- **Trapezoidal**, con la superficie del ahoyado en forma de doble trapecio, invertido en la parte interior para formar el cuenco.

La superficie del ahoyado y, por tanto, su perfil estarán determinados por el procedimiento de preparación del suelo que se pueda aplicar y por la maquinaria con la que se realice el ahoyado, de acuerdo con el tipo de suelo, pedregosidad, pendiente del terreno y vegetación existente.

El cuenco receptor se podrá hacer con la misma retroexcavadora que hace el ahoyado y, si es necesario, se perfilará a mano.

En caso de banquetas con pico mecánico ó ahoyados con barrena helicoidal el perfilado de la explanación y el cuenco receptor de escorrentías se tendrán que hacer a mano.

La base de las microcuencas será generalmente un ahoyado, que se realizará aplicando el procedimiento de preparación del suelo más adecuado a las condiciones del terreno, siempre que permitan retener el agua de escorrentía en su perfil, condiciones que cumplen las siguientes preparaciones:

- **Ahoyados con la explanación en contrapendiente**, para que se pueda formar un cuenco receptor con perfil triangular donde se recoge el agua de escorrentía (Figura 3).
- **Ahoyados con la explanación en forma de caballón**, de forma que en su mitad interior forme un cuenco receptor de escorrentías, con perfil aproximadamente semicircular o trapezoidal, donde se recoge el agua de escorrentía (Figura 4).
- **Ahoyados mecanizados con bulldozer**, en los que en su parte interior se forma un cuenco receptor, donde se recoge el agua de escorrentía.

## MICROCUENCAS

### 1. AHOYADO CON EXPLANACIÓN EN CONTRAPENDIENTE (\*)

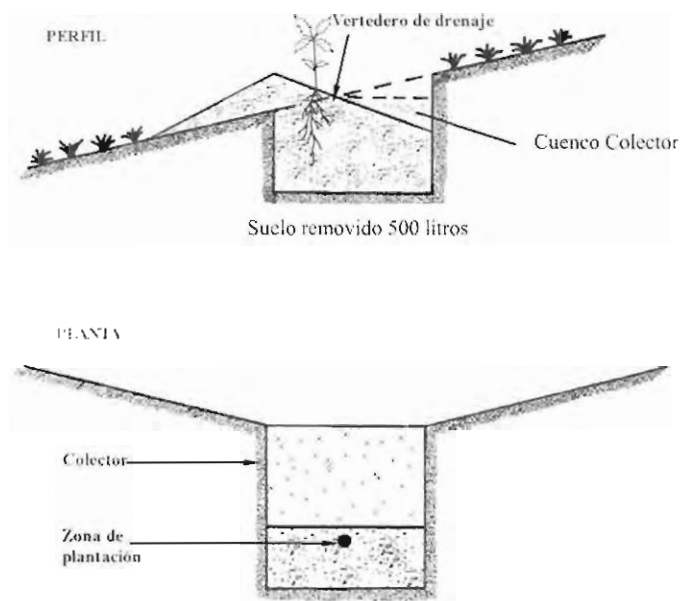


Figura 3

### 2. AHOYADO CON COLECTOR (\*)

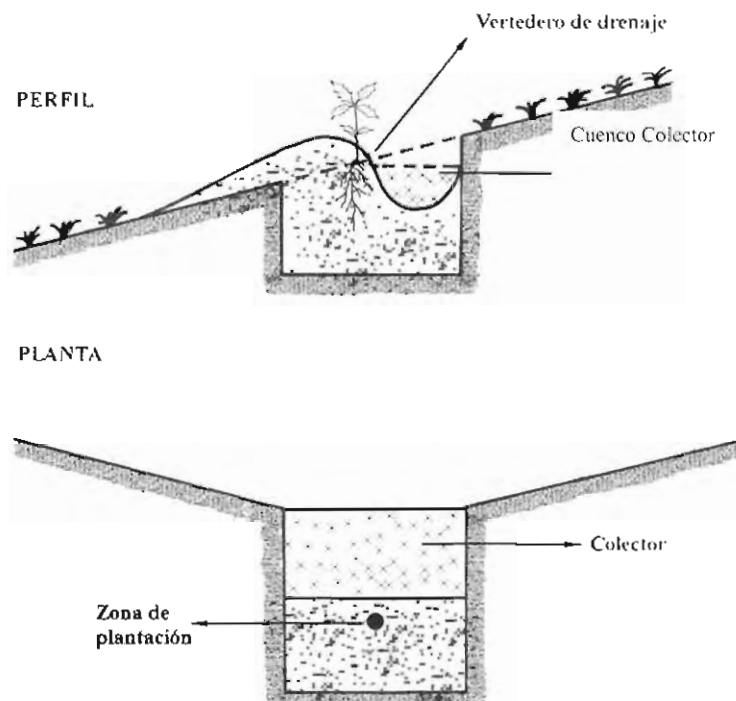


Figura 4

(\*) E De Simón, I Bocio *et al.*, 2003

#### 5.1.4. FORMACIÓN DE LAS MICROCUENCAS

Las microcuencas se forman haciendo regueros laterales en las preparaciones puntuales, con el fin de ampliar la superficie del impluvio directo de cada ahoyado y con ello aumentar el volumen de escorrentías que recibe cada planta.

Las microcuencas también pueden formarse haciendo un pequeño caballón, en forma de **media luna**, alrededor del ahoyado, con el fin de que las escorrentías del impluvio directo ampliado se puedan dirigir y recoger en la zona de plantación.

En este caso el cuenco receptor de escorrentías lo forma el propio caballón con el terreno y la plantación se debe realizar en la parte inferior del caballón, sobre el ahoyado, para evitar posibles encharcamientos alrededor de la planta repoblada.

Este sistema de plantación con microcuencas en media luna se practica en determinadas zonas de Jaén (Orcera), Granada y Almería donde aún se cultiva el olivo siguiendo esta técnica milenaria.

Las microcuencas son cuencas diseñadas para recolectar la escorrentía para el uso consuntivo de un árbol o de un pequeño grupo de árboles. Se basan en el hecho de que el porcentaje de escorrentía se incrementa al disminuir el tamaño de la cuenca, en consecuencia un árbol recoge más agua en ellas que con otro método de recolección de agua de escorrentía en mayores parcelas (Ayuso *et al.*, *op. Cit.*). Una modificación del sistema de microcuencas son las cuencas de contorno, que se han utilizado en las repoblaciones, formando caballones y pequeñas terrazas de absorción paralelas.

En las preparaciones puntuales, los posibles caudales excedentes se vuelven a incorporar al flujo de agua que escurre por la ladera y aunque unitariamente estos caudales son de muy pequeña cuantía, el gran número de hoyos por hectárea puede hacer necesario construir **zanjas de desviación**, que recojan las escorrentías excedentes y las dirijan directamente a los cauces naturales, con el fin de controlar los caudales circulantes y evitar la posible erosión del suelo.

##### 5.1.4.1. Diseño de las microcuencas

La preparación puntual del suelo que forma la base de las microcuencas, constituye una pequeña estructura hidráulica que tiene como finalidad principal conseguir que, con la preparación del suelo asociada a la captación de escorrentías, se pueda aumentar la cantidad de agua que recibe cada planta repoblada y, a su vez, controlar los flujos superficiales durante el tiempo que necesita la repoblación para proteger el suelo.

Las microcuencas deben diseñarse considerando los siguientes principios:

1. El porcentaje de escorrentía generada en una microcuenca aumenta al disminuir el tamaño de la cuenca (Boers y Ben-Asher, 1980).
2. Las estructuras de sistematización del terreno, en las preparaciones lineales, y las casillas y banquetas que forman la base de las microcuencas, tienen unos efectos sobre la retención y almacenamiento del agua de duración limitada y su eficacia real irá disminuyendo con el tiempo. Su período de eficacia debe ser similar al que necesita la repoblación para

desarrollarse y ejercer progresivamente sus funciones protectoras y de control de las escorrentías.

3. En las microcuencas los caudales de escorrentía de su impluvio se concentran en su base, que estará formada por un ahoyado cuya superficie debe tener un cuenco receptor donde se reciban y retengan las escorrentía de sus impluvios.

Estas estructuras, por muy sencillas que sean, tienen como función la regulación y el aprovechamiento de los flujos superficiales, por lo que deben diseñarse como pequeñas cuencas y calcularse como estructuras hidráulicas que tienen **una zona de impluvio** donde el agua de lluvia se transforma en escorrentía; **una base** donde se reciben y retienen los flujos superficiales y un **aliviadero lateral** por el que se puedan descargar los volúmenes de agua que excedan a su capacidad de retención.

### 5.1.5. REPOBLACIONES CON MICROCUENCAS

En base a las primeras experiencias realizadas en Almería y para confirmar la eficacia de las microcuencas en las repoblaciones ya realizadas, el Departamento Forestal de la Dirección General de Investigación y Formación Agraria de la Junta de Andalucía, desarrolló el Proyecto de I+D, 0FD97-1117-CO5-05, "Aprovechamiento de escorrentías superficiales en repoblaciones y forestaciones con encina (*Quercus rotundifolia* Lam.) y con pino carrasco (*Pinus halepensis* Mill.) mediante la formación de microcuencas" cofinanciado con fondos FEDER y de la CICYT (Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología) cuyos resultados se refieren en este trabajo.

Con este proyecto se ha tratado de conocer la eficacia real de las microcuencas sobre el aumento de la cantidad de agua que llega a la zona de plantación de preparaciones puntuales del suelo (ahoyados con retroexcavadora) con microcuencas y sin microcuencas. Para ello se eligieron cuatro zonas de la provincia de Granada con distintos termotipo, ombrotipo y características edáficas:

- **Rambla Becerra.**

Clima: Mediterráneo xérico-oceánico.

Bioclima: Mesomediterráneo semiárido superior.

Altitud: 950 m.

Precipitación media anual: 318,3 mm.

Temperatura media anual: 13,4° C.

Pendiente: 8%

Suelo: Fluvisoles arénicos y háplicos, con 35 cm de profundidad y escasa capacidad de retención (C. R. = 25 mm).

Vegetación:

Actual: Pastizales subnitrófilos y tomillares nitrófilos, procedenes de cultivos agrícolas abandonados.

Potencial: Pinar coscojal semiárido mesomediterráneo básico serie mesomediterránea aragonesa, murciano-almeriense y setabense basófila de la coscoja (*Quercus coccifera*): *Rhamno lycioides*- *Querceto coccifera* S.

- **Altiplano de Rambla Becerra.**

Bioclima: Mediterráneo xérico-oceánico.  
Piso bioclimático: Mesomediterráneo semiárido superior.  
Precipitación media anual: 318,3 mm.  
Altitud: 1000 m  
Temperatura media anual: 13,4°C.  
Pendiente: 13%  
Suelo: Calcisoles pétricos, con capacidad de retención (C. R. =150 mm.)

Vegetación:

Actual: Pastizales subnitrófilos y tomillares nitrófilos, procedentes de cultivos agrícolas abandonados.

Potencial: Encinar mesomediterráneo básico (serie Mesomediterránea bética, marianense y araceno- pacense seco-subhúmeda basófila de la encina (*Quercus rotundifolia*): *Paeonio coriaceae- Querceto rotundifoliae*.)

- **Sierra Arana: La Hortichuela.**

Clima: Mediterráneo pluviestacional-oceánico.  
Bioclima: Mesomediterráneo subhúmedo inferior.  
Altitud: 1.150 m.  
Precipitación media anual: 638,2 mm.  
Temperatura media anual: 13,1°C.  
Pendiente: 17%  
Suelo: Leptosoles paralíticos y rendzicos con elevada pedregosidad, poco profundos, con 21 cm. de profundidad y capacidad de retención baja (C. R. = 87 mm.).

Vegetación:

Actual: Romeral con pinar subespontáneo joven de *Pinus halepensis* de repoblación.

Potencial: Encinar mesomediterráneo básico (serie mesomediterránea bética, marianense y aracenopacense seco-subhúmeda basófila de la encina (*Quercus rotundifolia*): *Paeonio coriaceae-Querceto rotundifoliae*.)

- **Sierra de Huétor: Puerto Blanco**

Clima: Mediterráneo pluriestacional oceánico.  
Bioclima: Mesomediterráneo superior subhúmedo superior.  
Altitud: 1.250 m.  
Precipitación media anual: 866,8 mm.  
Temperatura media anual: 13,1°C.

Pendiente: 13%  
Suelo: Leptosoles paralíticos y calcisoles hipercálcicos; Sustrato calizo-dolomíticos con escasa pedregosidad y 70 cm de profundidad capacidad de retención baja – moderada (C.R.=131 mm.)

Vegetación:

Actual: Romeral aulagar procedente de incendio.

Potencial: Encinar mesomediterráneo básico (serie Mesomediterránea bética, marianense y aracenopacense seca subhúmeda basófila de la encina) (*Quercus rotundifolia*): *Paeonio coriaceae-Querceto rotundifoliae*.

En cada localidad se instalaron dos dispositivos para medir la escorrentía con la misma forma y tamaño de la banqueta, una de ellas con microcuencas y la otra sin ellas. Estos dispositivos se independizaron del resto del terreno mediante unas chapas metálicas para impedir la recogida de escorrentías laterales. Asimismo, se realizó un desbroce de la vegetación existente en el área de impluvio de todos los dispositivos instalados con el fin de homogeneizar el estado inicial del ensayo. El agua de escorrentía producida en cada episodio de lluvia se ha recogido en un bidón de 200 litros situado aguas debajo del ahoyado.

Las microcuencas las definen las chapas metálicas y en la base, por el interior de la chapa, dos pequeños regueros laterales de 1,60 metros de longitud con inclinación 4:1, que cierran la microcuenca y que proporcionan a cada planta un impluvio directo de 20 m.<sup>2</sup>.

En el dispositivo que simula el ahoyado sin microcuencas, el área de impluvio la definen también chapas metálicas formando un recinto abierto en su base, ya que carece de regueros laterales. Estos dispositivos quedaron definitivamente instalados en Abril de 2000.

Asimismo, mensualmente desde Noviembre de 1999, se han recogido los datos de lluvia en cada una de las localidades.

Por otra parte, en Julio 2001 se instalaron los sensores de humedad en cada localidad, para medir la humedad del suelo semanalmente. Distribuidos de la siguiente forma: tres en las parcelas de ahoyados con microcuencas y otros tres en las de ahoyados sin microcuencas situados a 20, 40 y 70 cm de profundidad.

#### 5.1.5.1. Datos climáticos

En el Cuadro 1, que recoge la precipitación mensual recogida durante el año 2000, 2001 y 2002, se observa que existe una desviación significativa de las precipitaciones registradas en los años 2000, 2001 y 2002 con respecto a los datos históricos en las tres localidades; este hecho confirma la irregularidad de las precipitaciones en el clima mediterráneo, lo cual constata la necesidad de emplear técnicas de preparación del terreno, como la construcción de microcuencas que favorecen el aprovechamiento de escorrentías superficiales, que sean capaces de minimizar los efectos negativos provocados por esta irregularidad, sobre todo cuando los años pluviométricos son más secos de lo esperado.

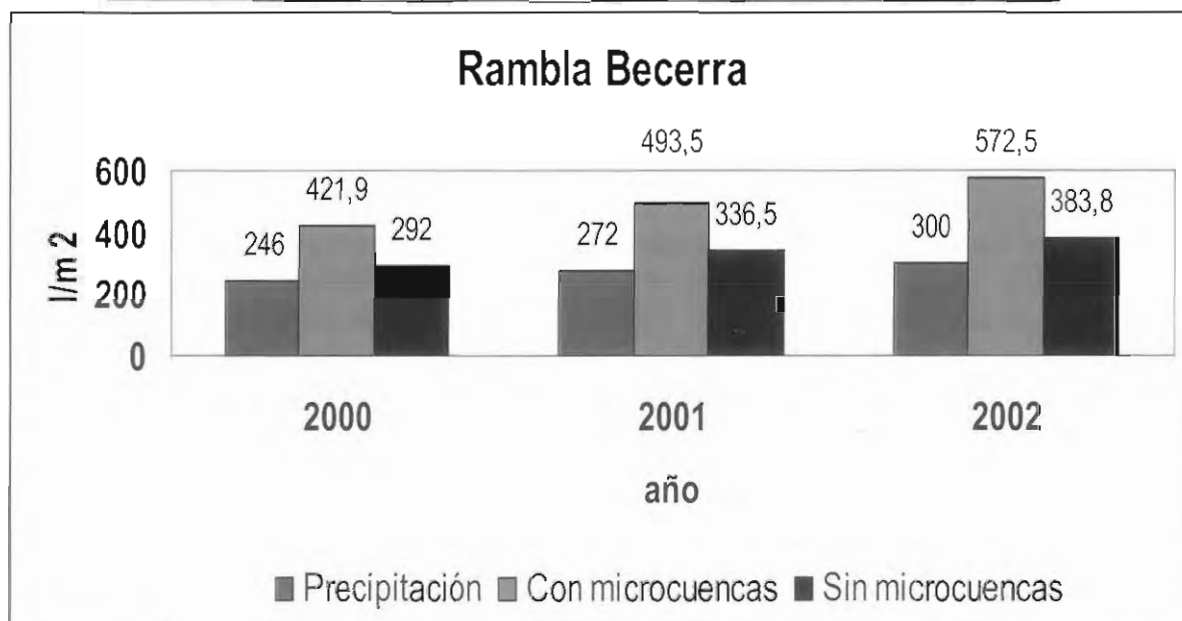
|              | Rambla Becerra (Guadix) |              |              |              | Sierra Arana    |              |              |              | Sierra de Huétor |              |              |              |
|--------------|-------------------------|--------------|--------------|--------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|------------------|--------------|--------------|--------------|
|              | media histórica         | año          |              |              | media histórica | año          |              |              | media histórica  | año          |              |              |
|              |                         | 2000         | 2001         | 2002         |                 | 2000         | 2001         | 2002         |                  | 2000         | 2001         | 2002         |
| Enero        | 30,9                    | 5,0          | 28,8         | 5,8          | 70,8            | 4,2          | 85,0         | 6,0          | 137,8            | 10,4         | 151,0        | 34,4         |
| Febrero      | 30,0                    | 0,1          | 22,9         | 3,5          | 92,8            | 0,0          | 46,0         | 10,0         | 118,0            | 0,0          | 59,2         | 8,2          |
| Marzo        | 33,8                    | 4,6          | 20,8         | 30,8         | 72,9            | 1,0          | 124,0        | 86,0         | 123,6            | 4,0          | 143,2        | 120,6        |
| Abril        | 42,8                    | 23,2         | 6,3          | 73,8         | 53,4            | 97,3         | 13,0         | 94,0         | 84,8             | 149,0        | 9,6          | 136,0        |
| Mayo         | 41,0                    | 69,7         | 71,1         | 11,4         | 50,5            | 35,0         | 65,0         | 25,0         | 72,4             | 91,6         | 97,7         | 86,3         |
| Junio        | 19,8                    | 0,0          | 0,0          | 41,1         | 21,5            | 0,0          | 0,0          | 41,0         | 30,4             | 0,0          | 0,0          | 6,6          |
| Julio        | 6,8                     | 0,0          | 1,5          | 4,9          | 4,3             | 0,0          | 0,0          | 2,0          | 12,3             | 0,0          | 1,8          | 32,0         |
| Agosto       | 10,4                    | 0,0          | 0,3          | 11,0         | 8,1             | 0,0          | 0,0          | 2,0          | 4,3              | 0,0          | 3,0          | 11,6         |
| Septiembre   | 18,6                    | 17,7         | 23,5         | 9,2          | 27,4            | 0,0          | 41,0         | 13,0         | 24,4             | 36,4         | 59,2         | 18,2         |
| Octubre      | 33,6                    | 39,9         | 52,4         | 20,3         | 60,9            | 53,0         | 86,0         | 61,0         | 70,1             | 71,2         | 87,0         | 58,2         |
| Noviembre    | 34,3                    | 20,4         | 18,6         | 71,5         | 73,1            | 70,0         | 51,0         | 151,0        | 100,1            | 115,8        | 59,0         | 260,1        |
| Diciembre    | 16,3                    | 68,0         | 25,6         | 17,8         | 102,5           | 173,0        | 56,0         | 83,0         | 88,6             | 124,0        | 67,7         | 118,8        |
| <b>TOTAL</b> | <b>318,3</b>            | <b>248,6</b> | <b>271,8</b> | <b>301,1</b> | <b>638,2</b>    | <b>433,5</b> | <b>567,0</b> | <b>574,0</b> | <b>866,8</b>     | <b>602,4</b> | <b>738,4</b> | <b>891,0</b> |

Cuadro I. Precipitación mensual registrada durante los años 2000, 2001 y 2002 y comparación con la media histórica

### 5.1.6. CANTIDAD DE AGUA RECOGIDA EN CADA AHOYADO DE 1 m x 1 m x 0,60 m

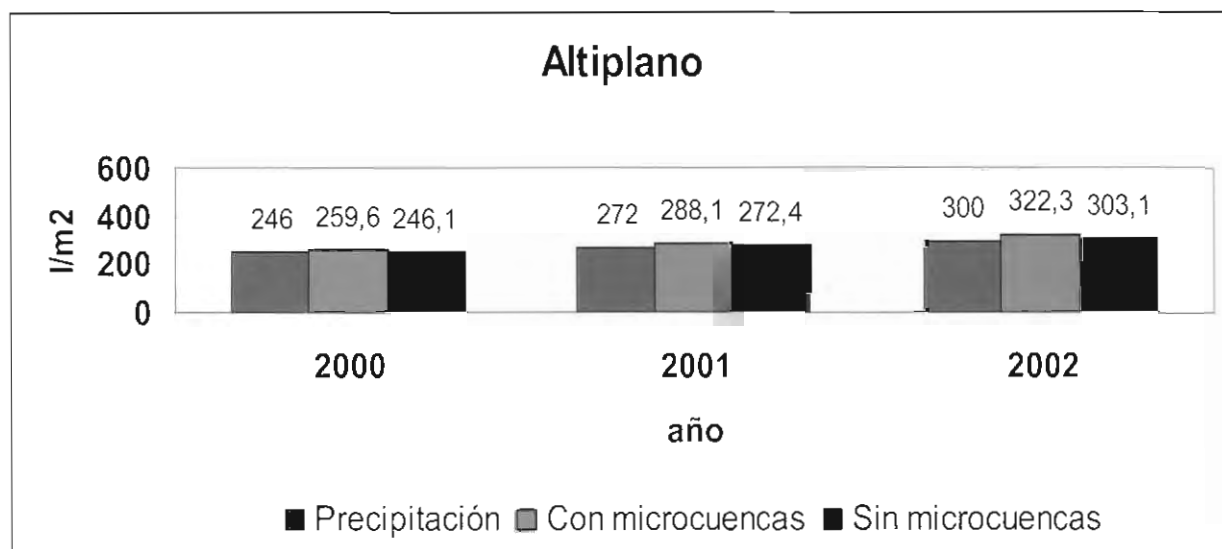
a) **Rambla Becerra** (C.R. = 25 mm.) en el impluvio de la microcuenca con 35 cm de profundidad y 64 mm. en el ahoyado de 60 cm. de profundidad.

| Año          | Rambla Becerra           |                                      |                                      |
|--------------|--------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
|              | Prep.(l/m <sup>2</sup> ) | Con microcuencas (l/m <sup>2</sup> ) | Sin microcuencas (l/m <sup>2</sup> ) |
| 2000         | 246,0                    | 421,9                                | 292,0                                |
| 2001         | 272,0                    | 493,5                                | 336,5                                |
| 2002         | 300,0                    | 572,5                                | 383,8                                |
| <b>Total</b> | <b>818,0</b>             | <b>1487,9</b>                        | <b>1012,3</b>                        |



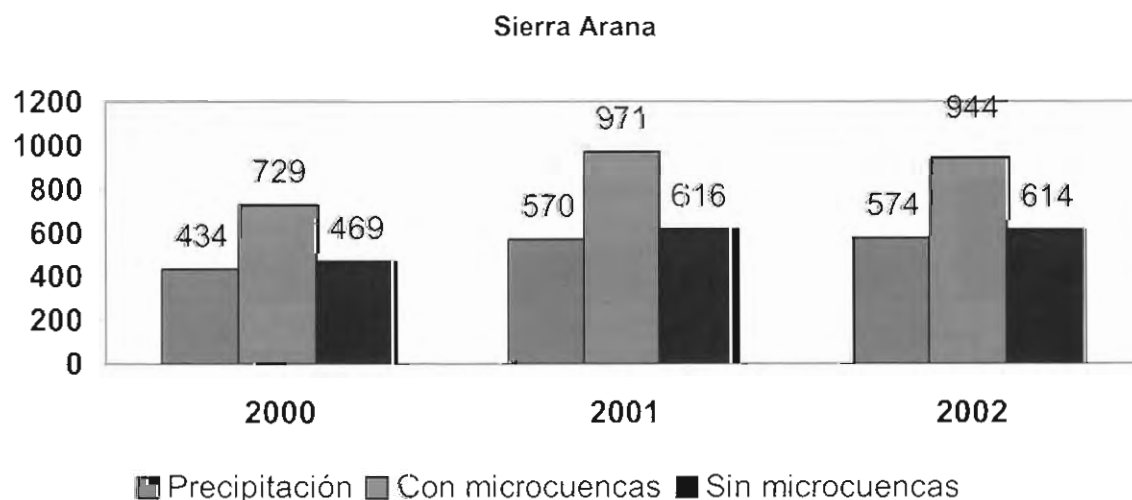
**b) Altiplano.** (C.R. = 150 mm en el impluvio con 80 cm de suelo y 150 mm<sup>2</sup> en el ahoyado de 60 cm).

| Altiplano    |                         |                                     |                                     |
|--------------|-------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Año          | Prep.(lm <sup>2</sup> ) | Con microcuencas (lm <sup>2</sup> ) | Sin microcuencas (lm <sup>2</sup> ) |
| 2000         | 246,0                   | 259,6                               | 246,1                               |
| 2001         | 272,0                   | 288,1                               | 272,4                               |
| 2002         | 300,0                   | 322,3                               | 303,1                               |
| <b>Total</b> | <b>818,0</b>            | <b>870,0</b>                        | <b>821,6</b>                        |



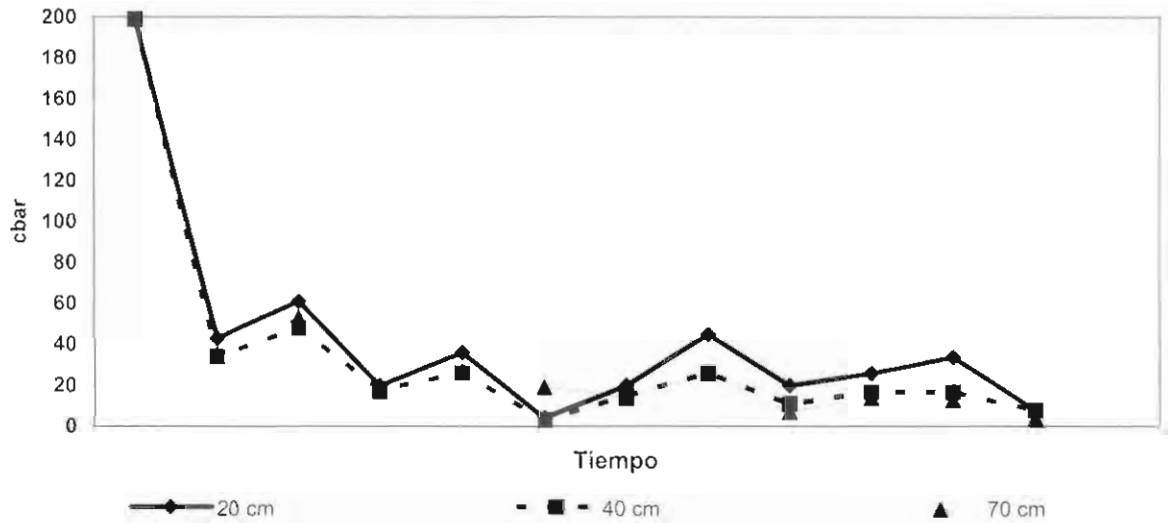
**c) La Hortichuela: Sierra Arana** (C.R. = 87 mm en el impluvio con 21 cm de suelo y 172 mm en el ahoyado de 60 cm).

| S <sup>a</sup> Arana |                        |                  |                  |
|----------------------|------------------------|------------------|------------------|
| Año                  | Prep: l/m <sup>2</sup> | Con microcuencas | Sin microcuencas |
| 2000                 | 434                    | 729              | 469              |
| 2001                 | 570                    | 971              | 616              |
| 2002                 | 574                    | 944              | 614              |
| <b>Total</b>         | <b>1578</b>            | <b>2644</b>      | <b>1699</b>      |

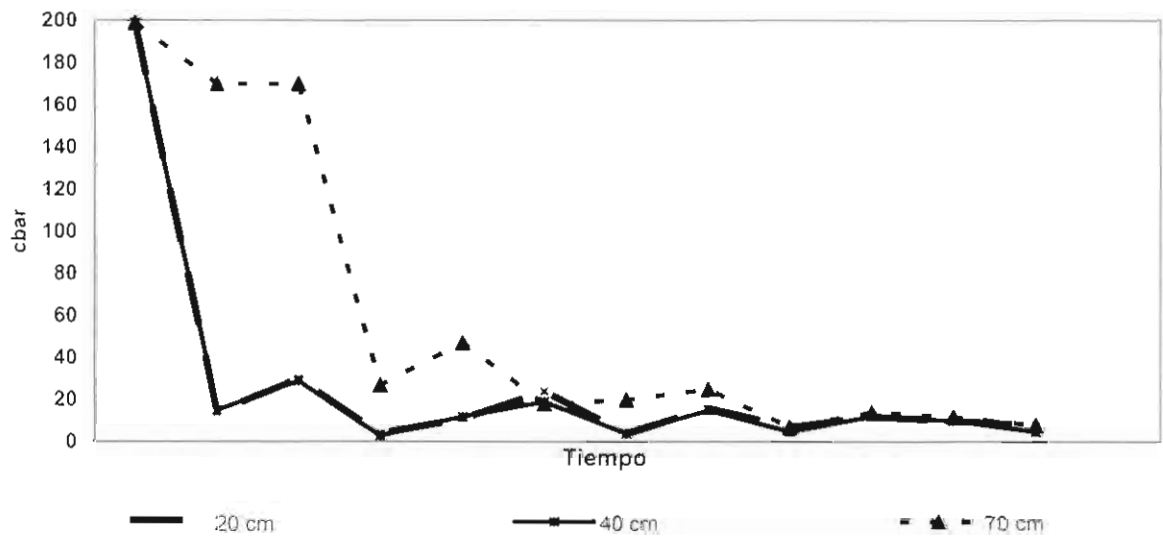


## Sierra de Huétor

Humedad del suelo en banquetas con microcuenas



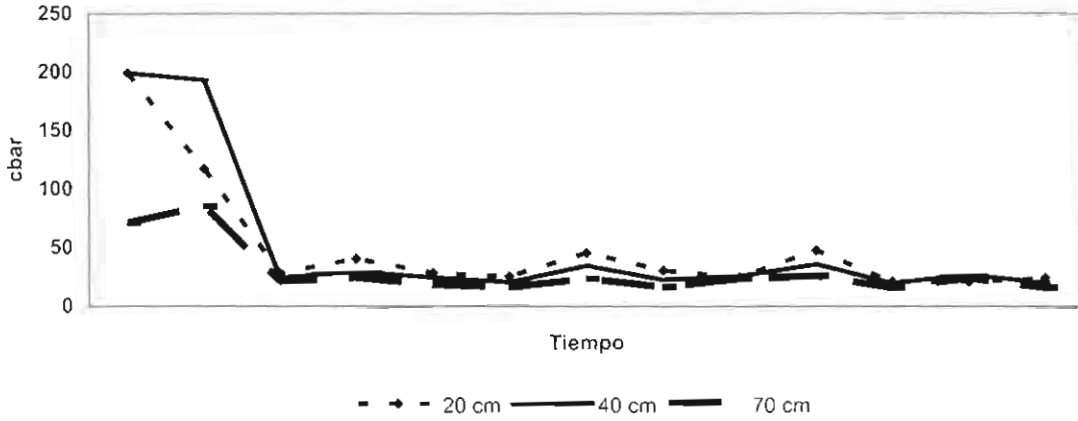
Humedad del suelo en banquetas sin microcuenas



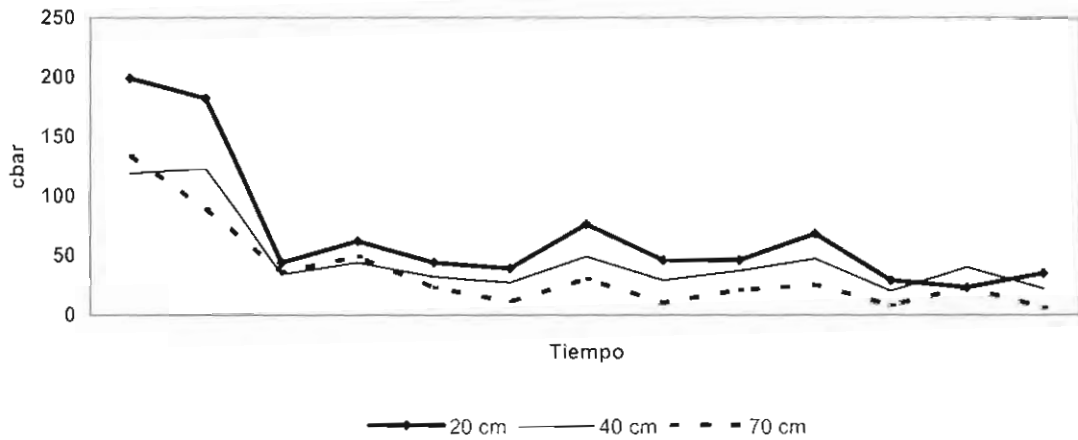
En las preparaciones con microcuenas el agua se acumula en los horizontes inferiores al recibir más cantidad de agua, observándose lo contrario en las banquetas sin microcuenas.

## Sierra Arana

Humedad del suelo en banquetas con microcuenca

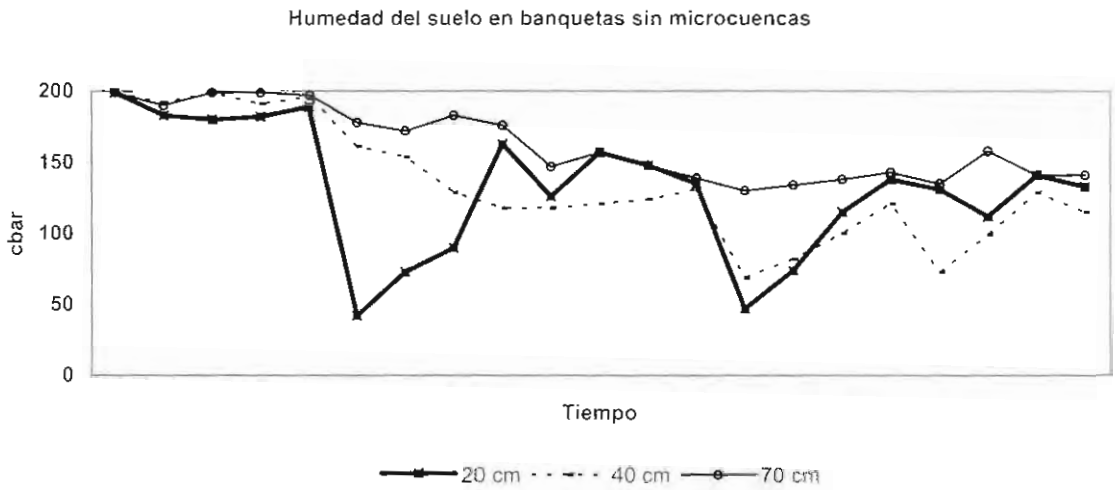
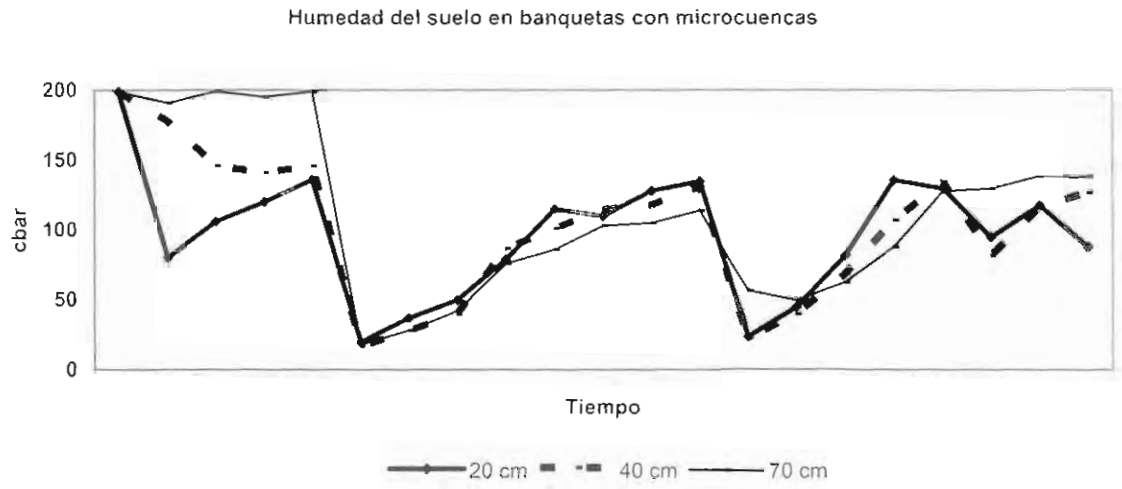


Humedad del suelo en banquetas sin microcuenca



En las dos preparaciones el agua tiende a acumularse en los horizontes inferiores; en el caso de las banquetas con microcuenca las diferencias entre las tres profundidades analizadas no son tan altas como en las que no tienen microcuenca debido a que el aumento de la cantidad de agua producido por las microcuenca favorece la acumulación y distribución del agua a lo largo de todo el perfil del suelo.

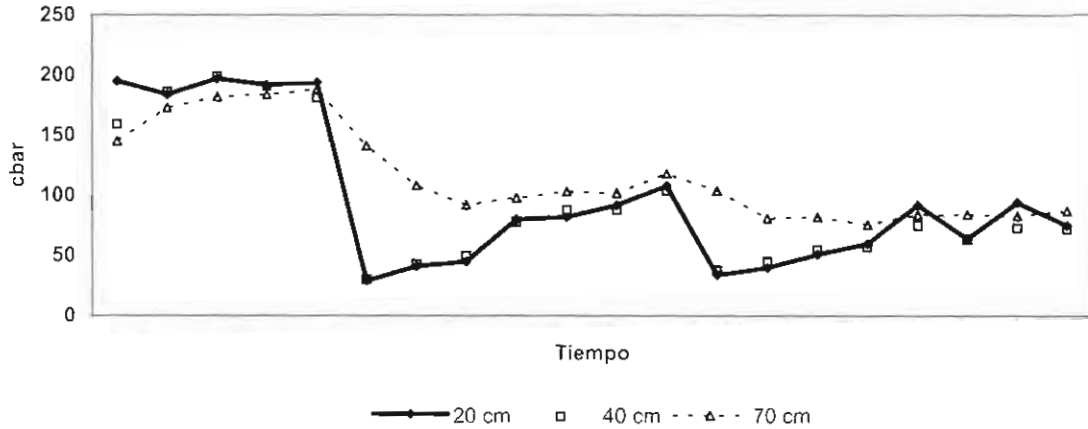
### Rambla Becerra



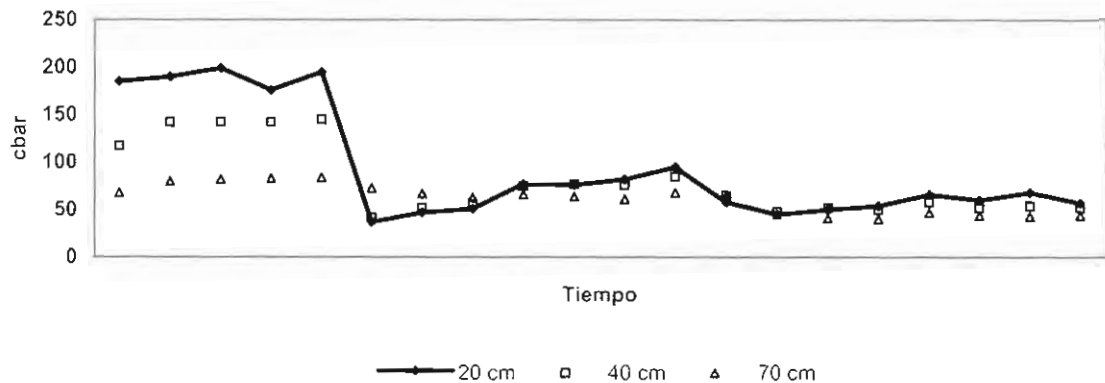
En este caso destaca la diferencia que hay entre la humedad del suelo de las dos preparaciones. En los ahoyados sin microcuencas el agua no llega a más de 40 cm de profundidad, mientras que en los ahoyados con microcuencas el agua se infiltra hasta los 70 cm. de profundidad, manteniéndose el gradiente de humedad a lo largo del tiempo.

## Altiplano de la Rambla Becerra

Humedad del suelo en banquetas con microcuencas



Humedad del suelo en banquetas sin microcuencas



Debido a la escasa escorrentía que se produce en esta zona, por tener el suelo una capacidad de retención de 150 mm., mas alta que en Rambla Becerra (25 mm.), a pesar de que tienen la misma pluviometría, las diferencias observadas entre la humedad del suelo de las preparaciones con microcuencas y sin microcuencas, se deben a diferencias estructurales puntuales del terreno donde se han colocado los sensores de humedad.

### 5.1.9. CONCLUSIONES

En las repoblaciones y en la forestación de tierras agrarias en zonas de clima mediterráneo seco y semiárido, donde el agua es un bien escaso, la preparación del suelo debe estar siempre relacionada con el agua y cuando se plantea una repoblación **debe diseñarse, a la vez, una estrategia para el uso y el aprovechamiento del agua en cada rodal del terreno, basada en el manejo de las escorrentías en el mismo lugar en que el agua de lluvia se transforma en escorrentía.**

- Esta estrategia tiene como base **asociar la preparación del suelo a la utilización de las escorrentías para aumentar la cantidad de agua que recibe cada planta repoblada.**

En las preparaciones puntuales, especialmente en los ahoyados, la preparación del suelo debe de ir asociada con la formación de microcuencas, mediante la construcción de regueros laterales que definan las microcuencas o pequeños caballones en forma de media luna.

- En los ahoyados, que forman la base de las microcuencas, se concentran las escorrentías que se generan en sus impluvios, por lo que es necesario que, en su superficie, se forme un **cuenco colector** con un amplio perímetro mojado, que reciba y retenga las escorrentías, para facilitar la infiltración del agua.

- Los ahoyados forman pequeñas estructuras hidráulicas que recogen las escorrentías de sus impluvios, que pueden ocasionar un volumen de agua superior a su capacidad de retención, por lo que **cada ahoyado debe tener un vertedero de drenaje** por el que se puedan descargarse los caudales que excedan a su capacidad de regulación, directamente al flujo superficial de donde proceden.

- **En suelos poco profundos es necesario hacer una preparación del suelo profunda para aumentar la capacidad de retención, C. R., en la base de la microcuenca.**

- **El aumento del agua que recibe el suelo en la base de la microcuenca, representa una modificación de microclima edáfico en el suelo donde se ha hecho la preparación y en su entorno.**

En esta zona se desarrollan inicialmente las raíces de las plantas repobladas y los beneficios de la mejora del microclima edáfico se mantienen durante el tiempo que permanecen activos los regueros laterales (período de eficacia) y la superficie del ahoyado facilita la infiltración del agua en el perfil del suelo.

En principio, el aumento de la cantidad de agua que recibe el suelo en la zona de plantación, hace que la repoblación tenga unas condiciones de humedad en el suelo similares a las que tendría en un territorio con el mismo termotipo, pero con un ombrotipo menos seco.

- En zonas **subhúmedas** con precipitaciones superiores a 600 mm y suelos con baja capacidad de retención generadores de **escorrentías**, la construcción de microcuencas supone un aumento considerable del agua que llega a la banqueta de plantación, evitando a la vez que se pierda por escorrentía y se erosione el suelo.

- Con igual precipitación, **en suelos con alta capacidad de retención**, no generadores de escorrentías, la construcción de microcuencas solo supone un aumento del agua que llega a la banqueta de plantación cuando las precipitaciones sean intensas y torrenciales.

- En zonas **semiáridas** y suelos con baja capacidad de retención generadores de escorrentías, la construcción de microcuencas supone un aumento decisivo en la cantidad de agua que recibe cada planta repoblada, lo que es muy importante a la hora de plantear cualquier actuación encaminada a la restauración de la vegetación y en especial las repoblaciones, por ser estas zonas semiáridas las más complicadas, arduas y exigentes para la forestación.

### 5.1.10. BIBLIOGRAFÍA

Andrade, F. Wrann, J. (1997). *Técnicas de forestación en Zonas Áridas: Cosecha de aguas lluvia y utilización de vertientes. Forestación y Silvicultura en Zonas Áridas y Semiáridas de Chile*. Corporación de Fomento de la Repoblación- Instituto Forestal. Santiago, Chile.

Ayuso, J.L., Ciria, F. & F.V. Giraldez (1982). *Perspectivas hidrológicas en las zonas áridas. Seminario sobre Zonas Áridas*. Edita Instituto de Estudios Almeriense. Almería.

Boers, T.H.M. & Ben-Asher, J. (1982). A review of rainwater harvesting. *Agricult. Water Mgmt* 5, 145-158.

Bruins, H.J., Evenari, M. & Nessler, U. (1986). Rainwater-harvesting agriculture for food production in arid zones: The challenge of African famine. *Appl. Geogr.* 6, 13-32.

Castillo, V. Querejeta, J.I., Albaladejo, J. (2001). Disponibilidad hídrica en repoblaciones de *Pinus halepensis* Mill. en medios semiáridos: efectos de los métodos de preparación del suelo. *Actas del III Congreso Forestal Español*, Mesa 3, 94-99, Granada.

De Simón, E. (1990). Restauración de la vegetación en cuencas mediterráneas: repoblaciones en zonas áridas. *De Ecología*. Fuera de serie, nº 1: 401-427. ICONA. Madrid.

De Simón, E., Ripoll, M.<sup>a</sup>A., Bocio, I., Navarro, F.B., Gallego, E. (2001). Aprovechamiento de escorrentías superficiales, mediante la formación de microcuencas, en repoblaciones de zonas semiáridas. De: *Actas del III Congreso Forestal Español*. Mesa 3, 305-310. Granada.

De Simón, E., Ripoll, M.<sup>a</sup>A., Bocio, I., Navarro, F.B., Jiménez, M.N., Gallego, E. (2003). Preparación del suelo en zonas semiáridas. De: *Gestión del bosque mediterráneo*. CEAM, Valencia. (En prensa).

Domínguez, S., Murias, G., Herrero, N., Peñuelas, J.L. (2001). Comparación del desarrollo de ocho especies mediterráneas durante su primer año en campo y su relación con los parámetros funcionales de las plantas, *Actas del III Congreso Forestal Español*. Mesa 3, 75-81, Granada.

Martínez de Azagra A., (1996). *Diseño de sistemas de recolección de agua para la repoblación forestal*, Mundi-Prensa, Madrid.

Mintegui, J. A., De Simón, E, (1993). *La restauración hidrológico forestal en las cuencas hidrográficas de la vertiente mediterránea*. Dirección General de Investigación Tecnología y Formación Agroalimentaria y Pesquera. Consejería de Agricultura y pesca. Junta de Andalucía.

Moshe, I. (1994). Soil Conservation and afforestation practices as a tool for rehabilitation of arid regions. *Proceedings IUFRO: Symposium Silviculture of Protection Forestry in Arid Regions and Agroforestry Potential*. Alexandria. March 1994, pp 116-117.

Pemán, J., Navarro, R., (1998). *Repoblaciones forestales*. Edicions de la Universitat de Lleida.

determinando con ello la idoneidad de cada una de ellas para su uso como herramienta de gestión y planificación en futuras forestaciones.

### 5.2.1.1. MATERIAL Y MÉTODOS

#### 5.2.1.1.1. Características ecológicas del área de estudio y antecedentes antrópicos

##### 5.2.1.1.1.1. Localización y usos del suelo

El área de estudio se localiza en la depresión de Guadix-Baza, al norte de la provincia de Granada, en el término municipal de Guadix (Figura 1). El dispositivo experimental se estableció en un cultivo agrícola abandonado situado en la cabecera de la Rambla de Becerra.

El relieve que caracteriza paisajísticamente al territorio de estudio está constituido por dos grandes unidades geomorfológicas: los altiplanos y los terrenos de "bad-lands", siendo la primera un fiel reflejo del origen postorogénico de la depresión, que actuó como cuenca de sedimentación, y la segunda consecuencia de la relación existente entre la naturaleza del sustrato y el régimen pluviométrico predominante en la zona.



La rambla de Becerra pertenece al complejo entramado de ramblas que, procedentes de las cercanas Sierra de Baza y Nevada, discurren en dirección SE-NO por los altiplanos de la depresión.

El régimen discontinuo y torrencial de las precipitaciones y la presencia de materiales blandos poco compactados favorecen que estos cursos de aguas intermitentes generen intensos procesos erosivos que van erosionando los bordes del altiplano, agrietándolo y horadando pequeños surcos que con el tiempo derivan en profundos abarrancamientos y cárcavas dando origen a un paisaje típico de bad-lands. La área de estudio se localiza justamente en esa zona de borde en tránsito entre los altiplanos y los bad-lands.

Junto a este paisaje natural originado por la acción de diferentes agentes naturales, en el que alternan los llanos y las zonas de *bad-lands*, coexiste un paisaje vegetal muy humanizado que dista mucho de la vegetación natural que en su día cubrió estos territorios, donde encinares, coscojales y pinares de carrasco dominarían alternativa y homogéneamente el territorio.

La incidencia de una intensa actividad antrópica ejercida durante siglos en la zona ha transformado profundamente el paisaje natural, en el que los restos de vegetación natural, representados por pastizales y matorrales de degradación, han quedado relegados a las zonas

más abruptas y sobre los suelos de peor calidad, reservando los llanos y los suelos más ricos para la instalación de cultivos, originando así un paisaje artificial eminentemente agrario.

Esta sobreexplotación de los recursos naturales supuso incluso la puesta en cultivo de los terrenos situados en las pequeñas terrazas fluviales de las ramblas, originadas en el transcurso de los tiempos por la recurrencia de grandes avenidas torrenciales. La marginalidad de estos terrenos determinó la baja productividad y escasa rentabilidad de los cultivos y, en consecuencia, su abandono, pasando así a formar parte del numeroso grupo de eriales y tierras marginales abandonadas tan abundantes en estos territorios.

El área de estudio constituye un claro ejemplo tanto del relieve característico de la Depresión de Guadix-Baza como de sus antecedentes históricos, en particular, el cultivo del cereal y el pastoreo se vienen practicando en la zona desde hace al menos 250 años (Gámez, 1995). En los terrenos llanos de las terrazas fluviales que configuran el fondo de la Rambla de Becerra se localiza el cultivo agrícola abandonado sobre el que se estableció el dispositivo experimental de este estudio. Se trata de una zona que correspondía a terrenos que antiguamente estaban de labor, en régimen extensivo, y que en la actualidad se encontraban abandonados, labrándose esporádicamente algunas parcelas para obtener el cereal necesario para el mantenimiento del ganado doméstico residente en el Cortijo de Becerra.

En concreto, se trataba de un cultivo cerealista (cebada) cuyo aprovechamiento estaba limitado por las condiciones meteorológicas del año, lo que acentuaba el carácter temporal y marginal del cultivo.

La escasa rentabilidad de las tierras y el abandono del cortijo determinaron la venta de la finca, siendo adquirida por parte de la Administración a principios de la década de los noventa. Esta entidad mantuvo el cultivo hasta el año 1995, momento en el que se instalaron las parcelas de experimentación correspondientes al Proyecto de Investigación FO-96022: "Evaluación de Técnicas de Repoblación en la Forestación de Tierras Agrarias", en el que se encuadra el presente estudio, siendo las tierras destinadas desde entonces a investigación.

#### 5.2.1.1.1.2. Clima y suelo

##### A) Clima.

En la zona de estudio predomina un clima típicamente mediterráneo muy continentalizado caracterizado por la presencia de un *ambiente frío* durante la mayor parte del año, insistente durante la época invernal, pero que puede no desaparecer por completo, ni siquiera en verano, siendo incluso apreciables los riesgos de heladas tardías en primavera como consecuencia de las condiciones de altitud de la zona, con una altura media en los altiplanos que ronda los 1.000 m.; existe también una *marcada continentalidad*, de donde resultan los contrastes térmicos diarios e interanuales, así como una *escasez e irregularidad de las precipitaciones* como resultado del aislamiento e interioridad orográfica que presenta este territorio.

En este último aspecto, tomando como referencia el análisis de la serie climática histórica correspondiente a esta zona con respecto a los valores de precipitación media mensual recogidos en la Estación Meteorológica de Rambla de Becerra (Gráfico 1), se puede deducir que el período de experimentación (1996-2000) ha sido algo más húmedo. Asimismo, la irregularidad de las precipitaciones anuales y mensuales, característica del clima de estos territorios, queda confirmada, existiendo una clara alternancia entre períodos de lluvias abundantes y períodos extremadamente secos.

Distribución de la precipitación anual registrada durante el período de estudio en relación al valor medio de la serie histórica

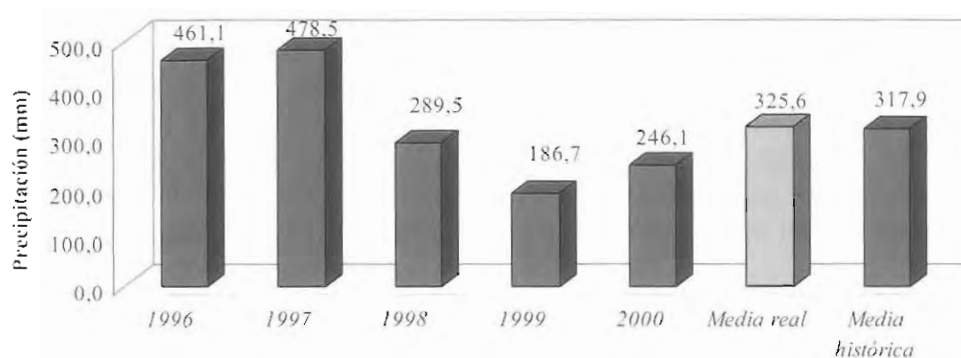


Gráfico 1

En este sentido, los dos primeros años del período de experimentación fueron más húmedos de lo habitual, con precipitaciones que en el año 1997 alcanzaron valores un 50% por encima del promedio mientras que los años 1998, 1999 y 2000 fueron más secos, destacando el año 1999 como un año extraordinariamente seco, con un verano extremo.

#### B) Suelo.

En general, los suelos de la Rambla de Becerra son de una gran uniformidad, como lo son los materiales sobre los que están desarrollados: arenas, limos y conglomerados (Figura 2). La debilidad del material subyacente ha favorecido la evolución de suelos de tipo regosol, a diferencia de lo que sucede en el altiplano, donde la presencia de horizontes profundos de acumulación de caliza da origen a una tipología de suelos característica como los cambisoles petrocálcicos y los calcisoles pétricos, según presenten o no un horizontes Bw de alteración.

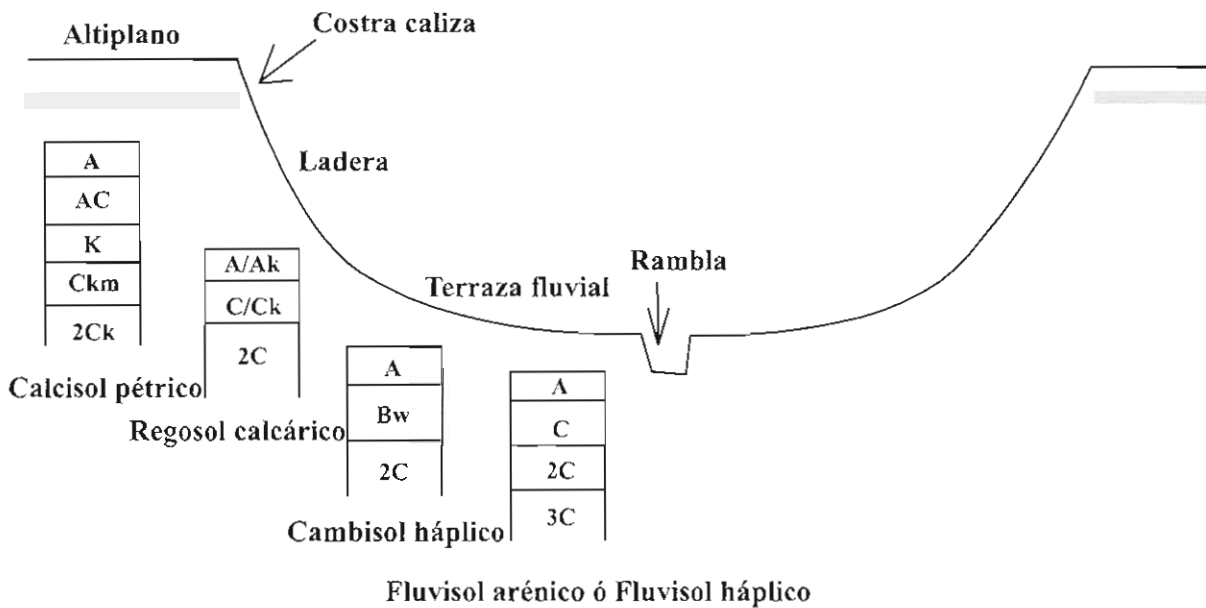
El origen aluvial de los suelos del fondo de la rambla contribuye a que sea el fluvisol el tipo de suelo más abundante en Rambla de Becerra, dominando en las terrazas fluviales que se extienden a ambos lados del curso de la rambla propiamente dicha.

Los materiales sobre los que se desarrollan estos suelos son de origen aluvial o aluvio-coluvial, fenómeno éste que se advierte en la disposición de los estratos sedimentarios que configuran el pedón sobre el que se desarrolla, así como en la variación de la composición, heterometría y potencia de éstos, consecuencia del origen fluvial, rítmico y discontinuo descrito por Vera (1970).

La naturaleza y tamaño de estos materiales está en relación directa con la procedencia del material de origen; así, dominan los micaesquistos y cuarcitas en las fracciones redondeadas, que son el basamento de los glaciares situados en el altiplano. Estos materiales están acompañados por una matriz de carácter limoso, descarboxatada o ligeramente carbonatada, efecto éste último tanto más acusado cuanto más próximos se encuentren los suelos de las laderas que perfilan el interior de la rambla, ya que el origen de los carbonatos de estos suelos es de tipo coluvial, consecuencia de desplomes producidos por erosión de la costra caliza que subyace bajo los suelos del altiplano.

En resumen, se trata de suelos en los que son muy frecuentes las discontinuidades litológicas, debido a su origen aluvial, lo que les imprimen una enorme variabilidad a sus propiedades edáficas. Presentan un horizonte A, de escasa potencia y muy antropizado, bajo

Figura 2.



el que se instalan una serie de horizontes C, discontinuos litológicamente, pero semejantes en la morfología y composición. Dominan las texturas franco-arenosas y arenoso-francas, suelen estar descarboxatados, aunque ello dependerá del origen de los materiales arrastrados, y mal estructurados. Los pH suelen ser alcalinos y los valores de agua útil extraordinariamente bajos, al igual que los parámetros relacionados con su fertilidad (materia orgánica y arcilla).

A pesar de que se trata de suelos muy potentes, de poca pendiente, fáciles de labrar, sin embargo, su escasa fertilidad, debida a bajos contenidos en materia orgánica y arcilla y a su falta de estructura, unida a su reducida capacidad de retención de agua (CR media = 40-50 mm), consecuencia del predominio de una textura franco-arenosa, convierte a estos suelos en terrenos agrícolas marginales.

### 5.2.1.1.1.3. Bioclimatología

Según la clasificación bioclimática propuesta por Rivas Martínez (1996), Rambla de Becerra se encuadra dentro de la Región Mediterránea y, atendiendo al diagrama ombrotermoclimático de Alcaraz (1995), elaborado para la estación climática de Rambla de Becerra, de acuerdo con los valores de Ic (índice de continentalidad) e Io (índice ombrotérmico)

En estos gráficos es fácil ver lo irrelevante que resulta mejorar las condiciones de retención del suelo (CR). Son climas muy xéricos en los que por elevada que sea la retención potencial de agua en el suelo, las escasas lluvias apenas proporcionará sobrantes que retener (CRT datos históricos = 21,4 mm/cm y CRT periodo 96/00 = 42,5 mm/cm). Sólo cuando los procesos de sucesión, aumento de la cobertura vegetal, etc (o algún recurso técnico) logran llevar un estado de escorrentía  $W = x\%$  a uno de  $W = +$  o  $0\%$ , se puede suponer alcanzable un óptimo zonal diferente. Se trata de paisajes en los que muchas veces el propio laboreo del suelo va más destinado a evitar que la compactación del suelo genere pérdidas de agua adicionales que a mejorar las condiciones de un almacenamiento que siempre será pequeño y a cosechar agua como sea.

Como ya indicaba González Rebollar (*oput cit.*), este comportamiento de la vegetación, nada convergente en sus series fitoclimáticas, habla de la fuerte influencia de las condiciones de CR y W en la configuración del ambiente fitoclimático resultante, mucho más sensible a eventuales cambios de suelo y relieve. Un paisaje no tendente hacia un único óptimo zonal y, por tanto, constituido por un mosaico de condiciones es la previsible respuesta a esta lógica. En definitiva, en los climas mediterráneos secos y semiáridos las series fitoclimáticas son muy independientes y tienden hacia condiciones fitoclimáticas muy distintas, muy sensibles al efecto de la escorrentía. La retención hídrica del suelo apenas juega ningún papel. El efecto de la escorrentía es tan relevante que las unidades del paisaje tienden a un reflejo de los patrones espaciales de la escorrentía.

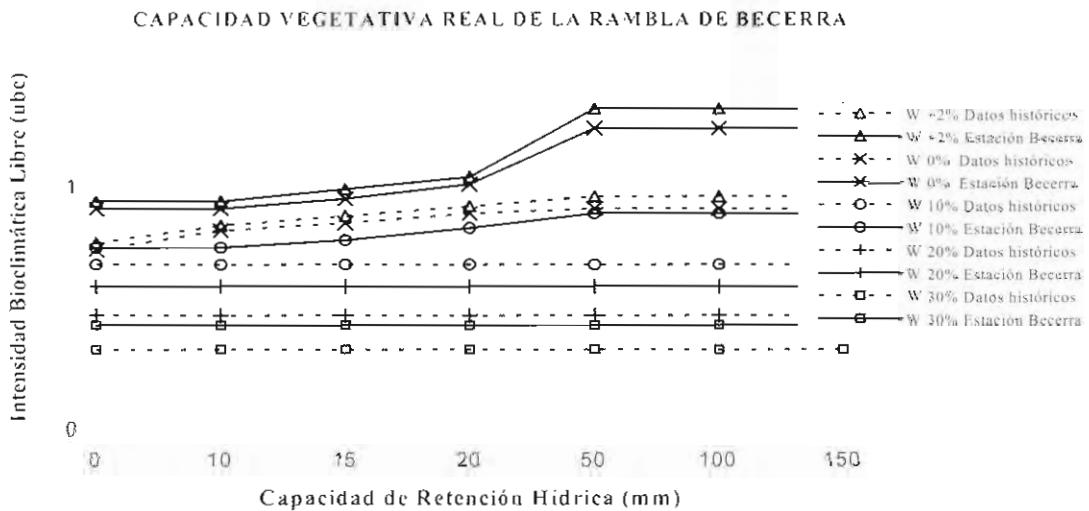


Gráfico 3

En estos climas, en los que mejorar la retención es prácticamente irrelevante y donde la escorrentía es la que determina las condiciones fitoclimáticas resultantes, las preparaciones del suelo deben ir encaminadas a la captación y aprovechamiento del agua de escorrentía (cuencas de contorno, banquetas con microcuencas, etc.).

Por otro lado, tomando como base los datos meteorológicos de la Estación de Rambla de Becerra, correspondientes al periodo 1996-2000 y los valores referidos a la serie histórica, obtenidos por extrapolación de varias estaciones circundantes, se han elaborado un conjunto

de hipótesis en las que se han utilizado valores de capacidad de retención y pendientes del terreno correspondientes a las condiciones reales del terreno para las tres unidades geomorfológicas presentes en Rambla de Becerra, correspondientes a los altiplanos colindantes, laderas vertientes a la rambla y fondo de la rambla.

De las conclusiones que se pueden extraer de estos diagramas destacan algunas como que, dada la intensidad y duración del período de xericidad estival, existe un sólo período de crecimiento vegetativo al año debido a que tras el estío, si bien climatológicamente hay posibilidades para una actividad vegetativa, esta actividad se encuentra seriamente limitada ya que la vegetación debe recuperarse hídricamente de la sequía. Este período de compensación hídrica de los déficits generados durante los meses estivales puede llegar a prolongarse hasta finales de noviembre o primeros días de diciembre, momento este último en que se vuelve a producir una nueva parada vegetativa como consecuencia de la disminución de las temperaturas por debajo de 7,5°C.

El período seco abarca desde la segunda quincena del mes de junio hasta la primera quincena del mes de septiembre, duración que puede variar anualmente en función de las condiciones climáticas reinantes y que aumenta con la pendiente del terreno como consecuencia de las pérdidas hídricas que provocan las intensas escorrentías superficiales, asimismo, en terrenos con fuertes pendientes paralelamente se produce una disminución acentuada del período de actividad vegetativa.

González Rebollar (*com. pers.*) establece como valor de IBL mínimo tolerable para la encina 1 ubc. Tomando como premisa esta hipótesis y analizando los gráficos anteriores se deduce que la capacidad vegetativa potencial de Rambla de Becerra sería suficiente para mantener encinares en buen estado de desarrollo. Sin embargo, la irregularidad climática del territorio reducen la capacidad vegetativa real de la Rambla de Becerra a situaciones en las que la presencia de la encina está intensamente condicionada por las pendientes del terreno, en concreto por la pérdida de disponibilidad hídrica que ellas suponen.

En definitiva, climáticamente la presencia de la encina en Rambla de Becerra está muy condicionada, siendo su hábitat más adecuado los terrenos llanos o aquellas situaciones en las que las condiciones climáticas puedan verse alteradas localmente por diversos factores, como una elevada capacidad de retención de agua del suelo, orientaciones de umbría que reducen la evapotranspiración o zonas de vaguadas y pequeñas depresiones del terreno o pie de laderas, que modifican la disponibilidad de agua para las plantas en microhábitats concretos.

Es evidente que la encina puede vivir en climas cuyo índice IBL sea inferior a los valores límites específicos consignados (Bocio, 2002), como demuestran los ejemplares existentes en la cabecera de la Rambla de Becerra pero, en este caso, su estabilidad biológica es bajísima y su potencial reproductor está muy mermado, siendo su futuro muy incierto, aunque no hay que olvidar que una cubierta vegetal bien desarrollada puede modificar las condiciones macroclimáticas reinantes, generando unas nuevas condiciones microclimáticas que favorecen su desarrollo y su estabilidad con el medio.

Las pérdidas hídricas que presentan las laderas vertientes a la rambla reducen la intensidad bioclimática libre hasta valores de 0,4 ubc, insuficientes para mantener ningún tipo de vegetación arbórea, lo que indica que en estas situaciones serán los matorrales los representantes del máximo biológico estable en estas condiciones.

Por último, de los valores obtenidos de los periodos de actividad vegetativa libre y condicionada y la duración del período seco estival en relación a las precipitaciones anuales durante el período de estudio (Tabla I), destacan los del año 1999 en el que la escasez de precipitaciones registradas originó la aparición de una situación fitoclimática crítica en el que el balance hídrico fue permanentemente deficitario; ningún mes encontró satisfechas sus necesidades hídricas mínimas. Esta variabilidad de las intensidades bioclimáticas y de la amplitud de los períodos de actividad y parada vegetativa se reflejan directamente en los crecimientos anuales de la plantación forestada y especialmente en los porcentajes de supervivencia como demuestran los resultados obtenidos.

| <b>Hipótesis mínima para toda la serie: CR = 100, W= 0%</b> |                 |                 |                 |                 |                 |
|---|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|   | <b>Año 1996</b> | <b>Año 1997</b> | <b>Año 1998</b> | <b>Año 1999</b> | <b>Año 2000</b> |
| Capacidad Retención Típica                                  | 145.8 mm        | 157.1 mm        | 2.6 mm          | 0.0             | 8.8 mm          |
| Intensidad Bioclimática Libre                               | 3.8 u.b.        | 3.7 u.b.        | 1.2 u.b.        | 0               | 0.7 u.b.        |
| Período Seco  | 4 meses         | 3 meses         | 4 meses         | 6 meses         | 5 meses         |

Tabla I.

Teniendo en cuenta que la capacidad de retención típica correspondiente al período de muestreo (1996-2000) es de 42,7 mm, de los valores de CRT anuales se deduce que las condiciones climáticas reinantes durante los tres primeros años de muestreo generaron unas condiciones hídricas excedentarias con respecto a valor medio de toda la serie, por el contrario, los dos últimos años las precipitaciones fueron tan escasas que apenas si fueron suficientes para satisfacer las necesidades mínimas.

#### 5.2.1.1.1.4. Vegetación

Las peculiares características ecológicas de Rambla de Becerra, fundamentalmente ombroclimáticas, favorece la confluencia de dos series de vegetación, la serie mesomediterránea basófila de la encina (*Paeonio coriaceae-Querceto rotundifoliae* S.) y la serie mesomediterránea semiárida de la coscoja (*Rhamno lycioidis-Querceto rotundifoliae* S.). La primera se extiende por los altiplanos de la depresión sobre suelos del tipo de los cambisoles cálcicos y petrocálcicos, adentrándose en la rambla por la cabecera y a través de las cárcavas y laderas situadas en las exposiciones de umbría. La serie de los pinares-coscojales semiáridos mesomediterráneos se establece sobre los sustratos limosos y arenosos que ocupan las laderas vertientes y en el fondo de la cuenca que constituye la Rambla de Becerra.

En la Depresión de Guadix-Baza el encinar se encuentra en numerosos puntos en las estribaciones de su área de distribución, como sucede en Rambla de Becerra, debido a la escasez de precipitaciones, ya que por debajo de la cota de 1000 m, en la zona más interna de la depresión, como consecuencia de la sombra de lluvias que ejercen principalmente las serranías de Cazorla y Mágina, con dificultad se alcanzan los 350 mm necesarios para la instalación y supervivencia del encinar. Se considera por tanto que los altiplanos de la depresión constituyen el límite del área de distribución de los encinares béticos basófilos mesomediterráneos presentes en este territorio, siendo sustituidos por los pinares-coscojales por debajo de la cota de 1000 m ante la presencia de un ombroclima semiárido. En la franja de ecotonía que pone en contacto a estas dos series se sitúa la Rambla de Becerra. Esta situación de transición implica que las pequeñas variaciones microambientales que pueda

generar la orografía (laderas de umbría, cabeceras de ramblas, vaguadas situadas en barrancos angostos) sean suficientes para permitir la presencia o ausencia del encinar en un determinado punto de dicha banda ecotónica. Por esta razón en Rambla de Becerra es posible encontrar aún restos del encinar que procedentes de los altiplanos se han adentrado en el interior de la rambla a través de las exposiciones de umbrías de las cárcavas y por la cabecera donde se suelen producir fenómenos de captación de escorrentías.

Por otra parte, la presencia más que evidente del pino carrasco (*Pinus halepensis*) en estas formaciones ha sido confirmada recientemente en algunos trabajos realizados para el Distrito Guadiciano-Baztetano por autores como Cano *et al.*, (1994); Torres *et al.*, (1999); Navarro (1998) y Navarro *et al.*, (en prensa) donde constatan la existencia de comunidades de *Pinus halepensis* edafoxerófilos sobre sustratos sedimentarios cuaternarios; asimismo, este último autor destaca el papel principal del pino carrasco (*Pinus halepensis*) como parte integrante de la comunidad climácica de la serie del coscojal semiárido, especie que había sido tratada como secundaria o subespontánea en la dinámica natural de estos coscojales, actuando como invasora, ante grandes perturbaciones, del área potencial del coscojal. Si bien esto último es cierto en muchos casos, sin embargo la gran heterogeneidad tanto topográfica como del resto de factores ambientales en este territorio, posibilita la persistencia continuada en el tiempo del pino carrasco formando parte del coscojal, donde gracias a su frugalidad y rudeza ante condiciones climáticas adversas, crea una cobertura que parece ser propicia para el establecimiento del resto de especies de esta comunidad. De esta forma, las zonas más desfavorecidas, donde se extreman las condiciones de xericidad (laderas pendientes, zona cacuminal de las lomas, etc.), determinan el predominio de las gimnospermas cuya adaptación les permite crecer en ventaja con respecto a los espermatófitos angiospérmicos de su comunidad, que si bien están presentes, crecen al amparo y protección de los primeros. Por el contrario, en zonas más favorecidas (pie de monte, fondos de ramblas, etc.) la hegemonía gimnospérmica desaparecería, dando paso a bosquetes dispersos de coscojas, lentiscos, espinos negros, olivillas, etc., mejor adaptados a estas nuevas condiciones, relegando al pino a los claros dejados por el matorral.

\* *Comunidades vegetales presentes en Rambla de Becerra.*

Las comunidades vegetales presentes en Rambla de Becerra responden a dos circunstancias que de forma insoslayable condicionan el tipo de vegetación que existe: las especiales características ecológicas de la zona, principalmente en lo que se refiere a clima, ombroclima y suelo, y la influencia humana actual y heredada.

La influencia del clima, así como de todos aquellos aspectos climáticos relacionados fundamentalmente con las precipitaciones (ombroclima, xericidad estival) han sido ya expuestos en apartados anteriores; en cualquier caso, señalar que la vegetación en rambla de Becerra presenta un estrecho vínculo con los parámetros climáticos y que la zona se sitúa en tránsito ombroclimático entre el seco y el semiárido.

En cuanto al suelo, en Rambla de Becerra actúa como un factor limitante para el desarrollo de la vegetación como consecuencia de la naturaleza del sustrato (texturas arenosas y limosas) que imprime al suelo unas carencias hídricas acusadas. Esta deficiencia edáfica modifica los efectos de las precipitaciones propias del macroclima lo que provoca el establecimiento de formaciones permanentes y estables de carácter más xérico, dando lugar a una vegetación con un comportamiento marcadamente edafoxerófilo.

Por otro lado, el hombre representa el otro gran agente responsable de la actual configuración de la vegetación de estos territorios, siendo el principal causante de la escasez de formaciones vegetales maduras, cuya presencia se limita tan sólo a aquellas zonas más abruptas e inhóspitas desechadas por los intereses humanos. No ajena a los eventos históricos acontecidos en la geografía española, los bosques de la Hoya de Guadix-Baza sufrieron los efectos negativos derivados de las actividades humanas, siendo principalmente la agricultura la que influyó más negativamente sobre el territorio. Al ser el cultivo de cereal la principal fuente de alimento de la población, la explotación agraria marcó durante siglos el destino de los terrenos ubicados en la depresión, lo que unido a las políticas de desamortización del siglo XIX y a los períodos de escasez de las posguerras, provocó una intensa deforestación y la aparición de un paisaje eminentemente agrario.

En Rambla de Becerra, las actividades humanas han provocado una transformación sustancial de las condiciones ecológicas de la zona, en particular, la pérdida de las condiciones ecoclimáticas que genera la vegetación madura en buen estado de conservación acompañada de una insuficiencia edáfica mantenida, acentuada por la desestructuración de los suelos ocasionada por un laboreo continuado, constituyen un factor limitante para el desarrollo de la vegetación en territorios con climas tan extremos como estos.

Con estas consideraciones iniciales, se describen a continuación cada una de las comunidades vegetales que aparecen en Rambla de Becerra.

*1. Encinares.*

En la Hoya de Guadix-Baza estos bosques debieron ocupar grandes extensiones en el piso mesomediterráneo con ombroclima seco, coincidente en su mayor parte con las altiplanicies de la depresión. Actualmente es difícil encontrar estos bosques estruc-

turados en un estado maduro de conservación, al haber sido tradicionalmente alterados por el hombre con fines agrícolas, forestales y ganaderos. Resulta interesante mencionar la presencia de una amplia zona adherada que se extiende desde la autovía del 92 hasta las inmediaciones de la Rambla de Becerra, formación que supone un valioso testigo de lo que otrora fuera un extenso encinar.

Tanto en Rambla de Becerra como en los alrededores más próximos no existe ningún reducto de encinar maduro en buen estado, únicamente se conservan pequeños rodales constituidos por varios ejemplares de encinas adultas localizados en la cabecera de la rambla y los entrantes de la rambla orientados a umbria.

## 2. Pinares de repoblación.

Se encuentran muy extendidos en los alrededores de la Rambla de Becerra. Se trata de pinares jóvenes, de entre 5 y 7 años de edad, cuya repoblación fue realizada por parte de la Consejería de Medio Ambiente tras la compra de la Finca denominada Cortijo de Becerra en 1995. Extendiéndose desde la Autovía del 92 y ocupando áreas potenciales de los encinares mesomediterráneos, abarcan grandes áreas de la altiplanicie que rodea la zona de estudio, donde entran en contacto con las zonas semiáridas de *bad-lans* situadas al noroeste, por donde se extienden a lo largo del curso de la Rambla de Becerra.

Fisionómicamente se trata de pinares muy densos y tupidos, de distribución lineal, como consecuencia del uso del subsolado profundo como preparación del terreno para la plantación. En las repoblaciones situadas en los altiplanos es frecuente observar algunas encinas adultas dispersas que corresponden a las formaciones adheradas comentadas anteriormente, y que ponen de manifiesto la vegetación potencial de esta zona. La reciente repoblación de estas áreas determina la presencia de pinos de pequeña talla, apenas si superan los 2 metros de altura media, acompañados de un profuso tomillar nitrófilo, fruto de la roturación del terreno. Las especies más empleadas en estas repoblaciones corresponden al pino carrasco (*Pinus halepensis*) y la encina (*Quercus rotundifolia*), siendo siempre predominante el porcentaje de pinos con respecto al de encina, paridad que desaparece en el ámbito del ombroclima semiárido, donde la falta de precipitaciones y el predominio de sustratos intrínsecamente secos provocan un aumento de la xericidad ambiental que impide la presencia de la encina, convirtiendo entonces a estas repoblaciones en monoespecíficas.

## 3. Retamales.

Bajo esta denominación se incluyen todas aquellas formaciones de leguminosas de biotipo retamoide, de tallos áfílos y clorofílicos, propios de suelos profundos ricos en bases, presentes en el piso mesomediterráneo. Comunidad que alcanza alturas próximas a los dos metros y están presididas por la retama (*Retama sphaerocarpa*), que da nombre a la comunidad, siendo además la especie que mayor cobertura le aporta, acompañada por *Cytisus fontanesii* y *Genista scorpius*.

Representan una comunidad subserial que aparece cuando se lleva a cabo una destrucción total de las comunidades más maduras por talas extremas y uso ganadero, pero donde se conservan aún los suelos profundos. En general, es una formación pobre y variable en especies, ya que se origina a partir de comunidades que también lo son.

Sin duda, se trata de una comunidad de transición hacia matorrales más nobles de mayor cobertura, permaneciendo en este estado durante mucho tiempo si las condiciones del medio son tan adversas (alta xericidad, intensa erosión y degradación del suelo) que impiden su evolución hacia estadios más desarrollados. En cualquier caso, se trata de una formación claramente colonizadora de suelos profundos, donde la presencia de sales nitrogenadas y la remoción del suelo (al menos hace décadas) son factores claramente implicados en la instalación de esta comunidad.

La distribución de esta comunidad dentro de la Rambla de Becerra está ligada principalmente a los márgenes de la rambla propiamente dicha, encontrándose asimismo en pequeños rodales dispersos intercalados entre los cultivos; rodales que, por alguna razón (inclinación del terreno, aumento de la pedregosidad, etc.), resultaron más inaccesibles para el arado y escaparon de su influencia. Teniendo en cuenta los factores ecológicos, en sentido estricto, que limitan la evolución de estas formaciones, puede afirmarse que la expansión de esta comunidad es lenta pero continua, ya que a pesar de su gran envergadura la retama es una especie muy dinámica y de crecimiento rápido, como puede observarse *in situ* por la gran cantidad de plántulas de retama que están invadiendo los terrenos de cultivos abandonados, lo que está propiciando la recuperación de una comunidad que, si bien no tiene un valor ecológico elevado, favorece la fijación del suelo y del nitrógeno acumulado en él, acelerando, en definitiva, la evolución de la vegetación hacia comunidades más maduras que pueden facilitar, en un futuro, la entrada del encinar.

#### 4. Romerales.

Responden a un estadio de vegetación muy degradada, al que se llega tras la completa eliminación del bosque que trae consigo un gran deterioro del suelo y un aumento de la xericidad. Se trata de matorrales bien adaptados a los sustratos rocosos.

Comunidad de leñosas que se desarrolla sobre suelos pedregosos ricos en bases del piso mesomediterráneo seco y semiárido. Se trata de matorrales por lo general de escasa cobertura dominados por nanofanerófitos como el romero (*Rosmarinus officinalis*), romero macho (*Cistus clusii*), aulaga (*Genista scorpius*), acompañados de caméfitos, en gran parte subfrutescentes, como el tomillo (*Thymus zygis gracilis* y *Thymus orospedanus*), *Astragalus clusianus*, *Genista pumila*, *Linum suffruticosum*, *Helianthemum hirtum*, *Helianthemum almeriense*, *Arenaria arcuatociliata* y *Sideritis funkiana*, estas dos últimas junto con *Thymus orospedanus* caracterizan a los romerales mediterráneos situados en la Rambla de Becerra.

#### 5. Espartaes.

Comunidad constituida básicamente por gramíneas vivaces xerófilas, frecuentemente amacolladas y de porte elevado, que se desarrollan sobre suelos eutótrofos y profundos constituidos por materiales finos. Su gran frugalidad y adaptaciones (raíz fasciculada, presencia de rizomas y estolones, hojas rígidas y arrolladas, etc.) permiten a estas especies dominar en ambientes secos o semiáridos. Presenta como especie predominante el esparto (*Stipa tenacissima*) a la que acompañan otras gramíneas vivaces de menor biomasa y cobertura como *Avenula bromoides*, *Arrhenatherum album*, *Brachypodium retusum*, etc.; siendo también frecuentes algunas especies leñosas como *Thymus zygis gracilis*, *Rosmarinus officinalis*, *Genista scorpius*, o *Sideritis*

*funkiana*, ésta última considerada como especie característica de los espartales propios del distrito guadiciano-baztetano distribuidos en el piso mesomediterráneo seco inferior y semiárido sobre materiales carbonatados cuaternarios.

En la Hoya de Guadix-Baza estos matorrales constituyen en numerosas ocasiones la única representación de la vegetación natural sobre suelos forestales, debido, en parte, a la fuerte degradación que el hombre ha ejercido sobre estos medios y a la potenciación que este matorral ha tenido durante siglos para la obtención de materia prima, a partir del esparto, para su uso en la cordelería, fenómeno que se observa en la distribución lineal de las macollas de esparto llevada a cabo para facilitar su recolección.

En Rambla de Becerra, los espartales se distribuyen profusamente por todas las laderas, si bien son en las orientadas a solana donde se presenta como el matorral predominante ya que en otras orientaciones el espartal suele mezclarse con romerales, tomillares y albaidares.

#### 6. Albaidares.

Esta comunidad de leguminosas en la que domina la albaida (*Anthyllis cytisoides*) está presente en Rambla de Becerra muy puntualmente. Sustituye a los romerales sobre suelos compactados y con ciertas concentraciones amónicas, siendo el sustrato de naturaleza conglomerática y descarbonatada. Su presencia en Rambla de Becerra está asociada a los regosoles eútricos. Su elevado valor pascícola en un territorio donde las condiciones de aridez climática y edáfica impiden el desarrollo de pastizales de buena calidad ha provocado la potenciación de estos matorrales por el hombre mediante quemadas reiteradas de estos matorrales.

#### 7. Tomillares nitrófilos.

Se trata de comunidades a las que a su escaso valor perceptivo hay que añadir un reducido valor ecológico y florístico. Están constituidas por caméfitos subnitrófilos con cierto carácter picocolonizador e invasor como el tomillo negro (*Artemisia barrelieri*), la escobilla parda (*Artemisia campestris*), *Helicrysum serotinum*, etc., que colonizan suelos removidos ricos en bases con cierto contenido en sales amónicas desde el piso termomediterráneo al oromediterráneo. Reemplazan a las comunidades arvenses, que requieren un continuo laboreo del suelo, cuando son abandonados los cultivos, pasando a constituir la primera comunidad de especies leñosas y perennes que coloniza los terrenos de cultivo tras su abandono.

El reciente abandono de cultivos marginales y la sobrecarga ganadera representan dos de las razones de la expansión de los tomillares subnitrófilos en Rambla de Becerra y sus alrededores.

La estabilidad de esta comunidad es muy alta por la fuerte competencia que generan las especies directrices que la constituyen sobre las especies colonizadoras procedentes de formaciones más evolucionadas que podrían entrar en la comunidad, de ahí que dinámicamente no sea siempre una etapa de transición de fácil sustitución por otros matorrales, llegando en algunos casos a mantenerse durante largos períodos de tiempo. El proceso de competencia ejercido por esta comunidad puede tener su causa en

la presencia de sustancias alelopáticas en los tejidos de las especies directrices que afectan negativamente a la germinación de otras especies, provocando el aborto, por toxicidad, de sus semillas.

#### 8. Pastizales nitrófilos y arvenses.

Se recogen en este grupo comunidades terófitas de carácter arvense, ruderal y viario, de carácter nitrófilo o subnitrófilo, propias de medios antropizados (cultivos abandonados, barbechos, zonas de pastoreo y sesteaderos de ganado, etc.). Se trata de un grupo de comunidades muy amplio, complejo y polimorfo, en los que son abundantes las especies anuales especializadas en la colonización de suelos removidos, alterados y ricos en nutrientes. En Rambla de Becerra, la abundancia de los terrenos agrícolas abandonados y el uso ganadero que tuvo en su día ha favorecido la aparición de todo un mosaico de pastizales y herbazales nitrófilos perfectamente adaptados a cada una de las condiciones microambientales que se dan en la zona. De esta manera, es posible distinguir herbazales nitrófilos constituidos por especies arvenses que crecen en sembrados y barbechos, de desarrollo primaveral, en los que predominan las crucíferas como *Eruca vesicaria*, *Diplotaxis erucoides* y gramíneas como *Lolium rigidum*. Esta comunidad alterna con otra de similares características pero donde predominan las especies de la familia *Papaveraceae* como *Hypocoum imberbe*, *Hypocoum procumbens*, *Roemeria hybrida*, *Glaucium corniculatum*, *Papaver hybridum*, *Papaver rhoeas* y crucíferas como *Biscutella auriculata* o *Camelina microcarpa*, cuya floración primaveral desencadena una explosión de colorido de tonalidades rojas y amarillas.

Colonizando preferentemente antiguos campos de cultivo que llevan varios años en estado de abandono y claros de matorrales moderadamente nitrificados por la acción de la ganadería aparecen los pastizales terofíticos graminoideos de corta talla y fenología primaveral tardía en los que predominan especies de gramíneas del género *Aegilops* (*A. geniculata*, *A. triuncialis*, *A. ventricosa*) entre las que se desarrolla un denso tapiz de leguminosas constituidas principalmente por *Medicago minima* y *Medicago polymorpha* que en conjunto presentan una buena calidad pascícola. Asimismo, en zonas soleadas y secas, sobre litosoles calcáreos subnitrófilos, se desarrolla un pastizal terófito de gran biomasa y alto grado de cobertura dominado por *Stipa capensis*. Sustituyendo a estos pastizales sobre suelos descalcificados pero algo nitrificados, como son los regosoles eútricos situados en Rambla de Becerra, se desarrolla un pastizal de terófitos de mediano porte que presenta gran número de gramíneas y tréboles en los que son frecuentes *Trifolium cherleri*, *Taeniantherum caput-medusae* junto a *Bromus matritensis* y *Bromus tectorum*. Sin embargo, el pastizal nitrófilo más extendido en Rambla de Becerra corresponde a un herbazal, constituido por terófitos graminoideos, a veces pioneros, de escasa talla y fenología primaveral, que forman praderas densas sobre suelos secos, compactados y nitrificados. Herbazal de 20 a 40 cm de alzada dominado por la cebadilla (*Hordeum leporinum*) y varias gramíneas del género *Bromus*.

#### 5.2.1.1.1.2. Metodología

La hipótesis básica sobre la que se ha desarrollado este estudio de investigación radica en que las distintas preparaciones del terreno aplicadas modifican de forma diferente las condiciones iniciales del suelo que se foresta; modificaciones que se traducen en variaciones sustanciales de algunos parámetros edáficos, como el aumento de la velocidad de infiltración del agua en el suelo, de la profundidad útil del perfil, de

la capacidad de retención de agua del terreno o de su mullido, que pueden influir sobre la capacidad de establecimiento y en los primeros crecimientos de la vegetación forestada produciendo diferencias significativas cuantificables que permiten valorar la eficacia o idoneidad de unas preparaciones frente a la desventaja o inconveniencia de otras.

Este estudio tiene como objetivo evaluar la respuesta de una forestación mixta de pino carrasco y encina a diferentes procedimientos de preparación del terreno, analizando la capacidad de establecimiento y desarrollo de la plantación durante los primeros años. Con este fin, utilizando una metodología puramente cuantitativa, se ha realizado un seguimiento de la plantación, durante un período de 5 años, basado en la determinación de las tasas de supervivencia de cada especie en función del tipo de preparación del terreno aplicado y en el conocimiento de la evolución de dos parámetros morfológicos: la altura total y el diámetro basal medidos en cada una de las plantas forestadas.

La encina (*Quercus rotundifolia*) y el pino carrasco (*Pinus halepensis*) fueron las dos especies forestales elegidas y corresponden a dos especies arbóreas, autóctonas del territorio de estudio, que encabezan los dos ecosistemas forestales más representativos de la comarca de Guadix-Baza, los encinares béticos basófilos y los pinares-coscojales semiáridos. Asimismo, su compatibilidad ecológica con la zona de estudio queda demostrada por la presencia de pequeños rodales dispersos de encinas y pinos carrascos arbóreos situados en la cabecera y en los barrancos orientados a umbría de Rambla de Bécerra. Por otra parte, estas dos especies eran las más demandadas por los agricultores para forestaciones agrarias situadas en la provincia de Granada en las campañas de forestación de 1994 y 1995.

Se ensayaron 8 procedimientos de preparación del suelo distintos que pueden agruparse en 3 tipos atendiendo a la extensión superficial ocupada (puntuales, lineales y areales). Las características técnicas de cada uno de ellos se esquematizan en la Tabla II.

La elección de los procedimientos de preparación del suelo a ensayar se realizó siguiendo criterios generales de demanda en el ámbito forestal, experimentación de nuevas técnicas y adaptación a las condiciones especiales de los sistemas agrarios.

El dispositivo experimental se instaló en un cultivo cerealista abandonado y consta de tres bloques aleatorizados de 8 parcelas, una por cada tipo de preparación del suelo, con tres subrepeticiones de cada tratamiento. En cada parcela, de 1000 m<sup>2</sup>, se instalaron 50 plantas (25 encinas y 25 pinos carrascos) distribuidas de forma alternativa.

La evaluación de la eficacia de la preparación del terreno en el establecimiento y desarrollo de la forestación se ha realizado mediante el seguimiento de la vegetación repoblada basado en el estudio de parámetros morfológicos por análisis cuantitativo completo del crecimiento, a partir de la altura total y el diámetro basal de cada planta. Asimismo, se ha hecho un seguimiento de la supervivencia de la forestación por conteo de marras, parámetro indispensable para la valoración de la eficacia de la preparación del terreno en la fase inicial de establecimiento y de adaptación de cada especie al medio.

| Tipos de tratamientos   | Tratamientos | Maquinaria empleada  | Superficie ocupada por la preparación (m <sup>2</sup> /Ha) | Acción sobre el perfil del suelo | Presencia de estructuras hidráulicas |
|---|--------------|--|--|----------------------------------|--------------------------------------|
| <b>Puntuales:</b> Consiste en la apertura de un hoyo y la construcción sobre el terreno removido de una placeta de plantación | AH           | - Barrena helicoidal portátil accionada por motor de dos tiempos                         | Baja (<5%)   | Mezcla de horizontes             | No                                   |
|   | AM           | - Tractor de 240 HP con dos rejones modificados con aletas laterales                     | Baja (<5%)   | Mezcla de horizontes             | No                                   |
|   | AR           | - Retroexcavadora de 80 HP   | Baja (<5%)   | Sin mezcla de horizontes         | No                                   |
|   | ARM          | - Igual al anterior pero con sistema de captación de escorrentías.                       | Baja (<5%)   |                                  |                                      |
| <b>Lineales:</b> Realización de fajas o surcos siguiendo curvas de nivel  | AV           | - Tractor agrícola con arado de vertedera bisurco reversible                             | Media (20-30%)   | Mezcla de horizontes             | Caballones                           |
|   | S            | - Tractor bulldozer de 286 HP con dos rejones subsoladores separados entre si dos metros | Media (20-30%)   | Sin mezcla de horizontes         | No                                   |
|   | RA           | - Tractor bulldozer de 286 HP con rejones modificados con una vertedera lateral.         | Media (20-30%)   | Mezcla de horizontes             | Caballones                           |
| <b>Areal:</b> Labor de naturaleza agrícola en la que el tractor ara toda la superficie del terreno                            | LB           | - Tractor agrícola con vertederas polisurco de 10 cuchillas                              | Muy Alta (100%)  | Mezcla de horizontes             | No                                   |

**Tabla II.** Características técnicas de los procedimientos de preparación del suelo ensayados.

Tras la plantación, realizada en el otoño de 1995, las mediciones de estos parámetros se tomaron de forma sistemática en campañas de muestreo anuales (a finales de invierno y verano) durante todo el período de estudio (1995-2000), si bien, el primer año se consideró necesario hacer un seguimiento de la supervivencia en 4 muestreos, coincidiendo con el final de cada estación, con objeto de determinar la mortalidad inicial debida al estrés postplantación de la debida al estrés fisiológico causado por condiciones climáticas desfavorables (períodos de sequía) una vez que la planta ha superado la fase crítica inicial.

Los datos obtenidos para cada parámetro fueron sometidos a un análisis estadístico paramétrico basado en el análisis de la varianza (ANOVA) de dos factores, tipos de tratamientos y tiempo. Para conocer las posibles diferencias significativas existentes en cada caso (pruebas post hoc) se aplicó el contraste para comparaciones múltiples de Tuckey basado en la distribución t de Student.

Asimismo, se han obtenido los índices de comportamiento de la altura y el diámetro para la encina y el pino carrasco que relacionan los parámetros de crecimiento y supervivencia permitiendo así evaluar la influencia de los tratamientos aplicados en conjunto (*Índice de Comportamiento* = altura (diámetro) x supervivencia en tanto por uno). Posteriormente se ha realizado un análisis de correlación entre los índices de comportamiento de ambas especies para determinar el grado de relación existente entre ellos. El programa estadístico empleado fue Statgraphics versión 4.0.

## 5.2.2. RESULTADOS

### 5.2.2.1. Evolución de la supervivencia.

La supervivencia al final del período de estudio, transcurridos 5 años, presenta grandes diferencias para las dos especies estudiadas (Gráfico 5), siendo superior al 90% en el pino carrasco para la mayoría de las preparaciones del suelo y alrededor del 50% para la encina. La supervivencia más baja registrada en el pino carrasco se observa en la preparación areal del suelo, siendo además la única que presenta diferencias significativas con respecto al resto de preparaciones, es posible que estos resultados estén relacionados con las pérdidas hídricas provocadas por altas tasas de evaporación de agua del suelo debidas a la insolación directa del suelo. La irrelevante incidencia que tienen las diferentes preparaciones del suelo ensayadas sobre la supervivencia del pino carrasco contrasta con los efectos que éstas producen sobre la supervivencia de la encina. En este caso, destacan preparaciones como el ahoyado con retroexcavadora con y sin microcuencas y el subsolado lineal asociado con acaballonado como aquellas que permiten una adaptación más rápida y efectiva de la planta que garantice su supervivencia futura.

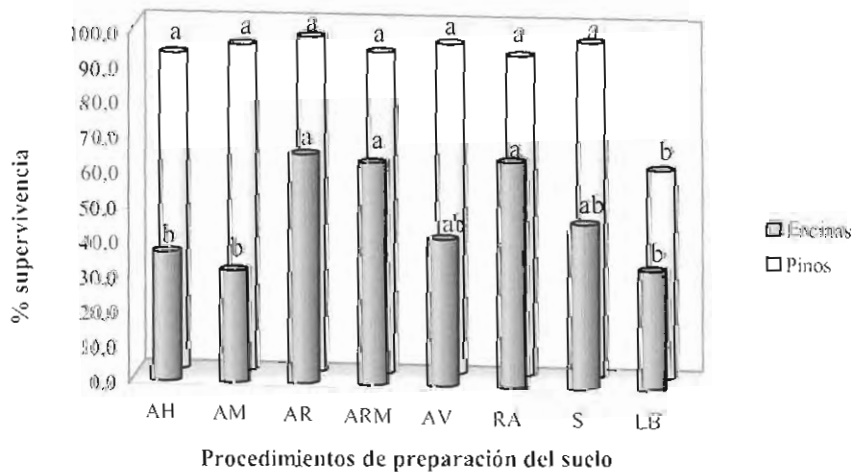


Gráfico 5

Por otra parte, dado que la supervivencia final representa el último eslabón del largo proceso de adaptación al medio que supone el establecimiento de una forestación y que el efecto que producen las distintas preparaciones del suelo se concentra fundamentalmente en los primeros años, resultaría más adecuado interpretar la influencia o eficacia que éstas ejercen mediante un análisis de la evolución de la supervivencia en el tiempo (Tabla III; Gráficos 6 y 7).

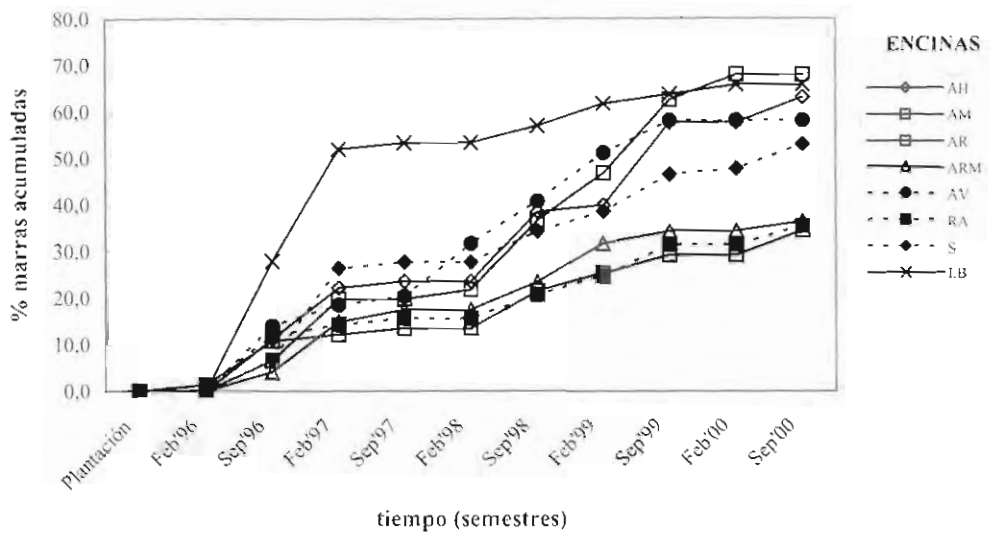


Gráfico 6.

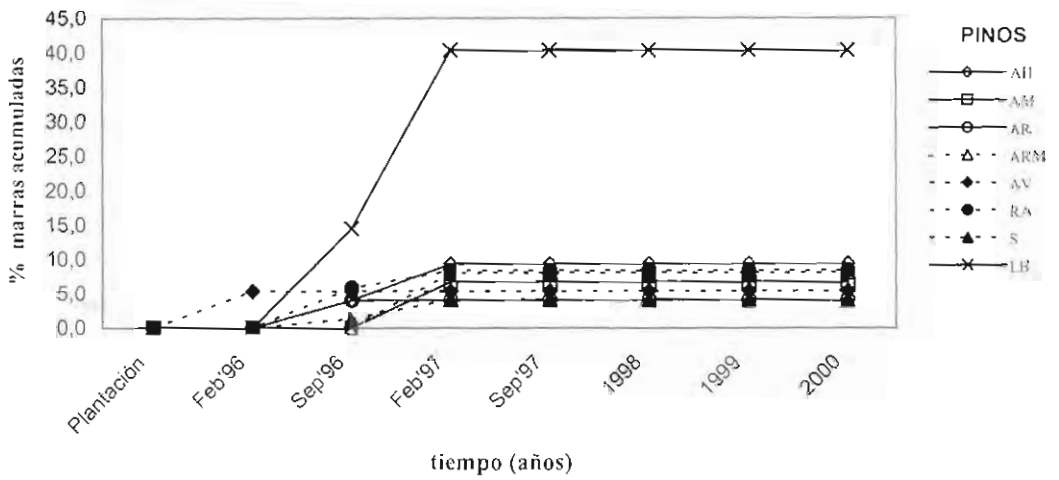


Gráfico 7.

| Tipos de tratamientos                          | <i>Pinus halepensis</i> |                  |                  | <i>Quercus rotundifolia</i> |                  |                  |
|--|-------------------------|------------------|------------------|-----------------------------|------------------|------------------|
|  | 6 meses<br>± SE         | 12 meses<br>± SE | 60 meses<br>± SE | 6 meses<br>± SE             | 12 meses<br>± SE | 60 meses<br>± SE |
| <i>Ahoyado mecanizado</i>                      | 0                       | 0                | 6.6±4.3 a        | 0                           | 18.6±7.8 a       | 67.9±8.8 b       |
| <i>Ahoyado helicoidal</i>                      | 0                       | 4.0±1.7 a        | 9.3±4.3 a        | 1.3±0.6                     | 22.1±7.8 a       | 63.1±8.8 b       |
| <i>Ahoyado retroexcavadora</i>                 | 4±0.5                   | 4.0±1.7 a        | 4.0±4.3 a        | 0                           | 12.1±7.8 a       | 34.4±8.8 a       |
| <i>Ahoyado retroexcavadora con microcuenca</i> | 0                       | 0                | 8.0±4.3 a        | 0                           | 14.8±7.8 a       | 36.3±8.8 a       |
| <i>Subsolado lineal</i>                        | 0                       | 1.3±1.7 a        | 4.1±4.3 a        | 0                           | 23.4±7.8 a       | 52.9±8.8 ab      |
| <i>Subsolado lineal con acaballamiento</i>     | 0                       | 5.8±1.7 a        | 8.3±4.3 a        | 0                           | 14.1±7.8 a       | 35.3±8.8 a       |
| <i>A. aballomada</i>                           | 0                       | 5.3±1.7 a        | 5.2±4.3 a        | 0                           | 17.7±7.8 a       | 58.0±8.8 ab      |
| <i>Laboreo agrícola</i>                        | 1.0±0.5                 | 14.4±1.7 b       | 40.3±4.3 b       | 0                           | 49.6±7.8 b       | 65.7±8.8 b       |
| ANOVA  | $F = 5.32$              | $F = 5.18$       | $F = 5.83$       | $F = 0.85$                  | $F = 2.03$       | $F = 1.74$       |
| Test   | $p = 0.00$              | $p = 0.00$       | $p = 0.00$       | $p = 0.59$                  | $p = 0.08$       | $p = 0.14$       |

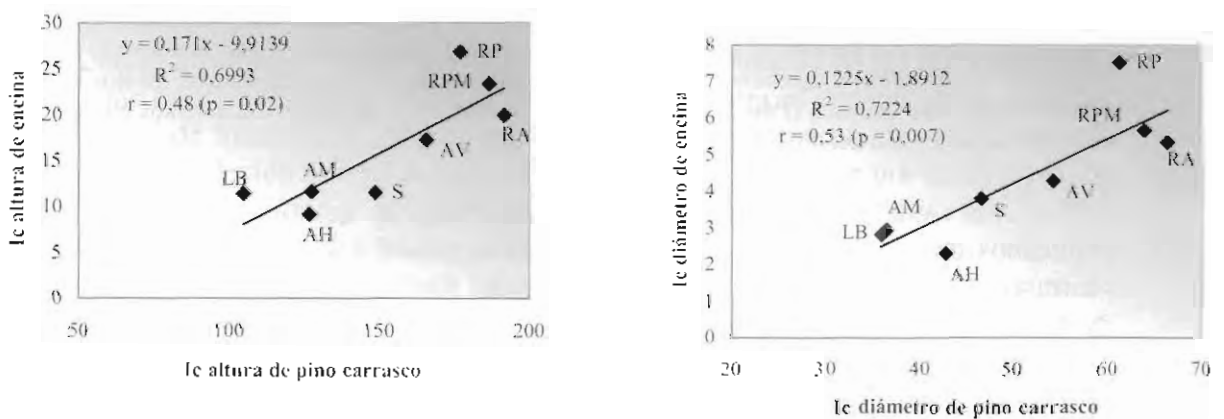
**Tabla III.** Porcentaje de mortalidad (media ± error estándar) del pino carrasco (*Pinus halepensis*) y la encina (*Quercus rotundifolia*) con respecto a las diferentes preparaciones del suelo ensayadas durante los 5 años de seguimiento de la forestación (valores correspondientes a los 6 meses, al año y a los 5 años desde la plantación). En una columna, valores numéricos seguidos de distinta letra (a, b) difieren significativamente ( $P < 0.05$ ).

Numerosos estudios (Margolis y Brand, 1990; MAPA, 1993) han demostrado el papel incuestionable que juega el comportamiento de la supervivencia durante el primer año del trasplante en el proceso de establecimiento de una plantación. En general, las tasas de mortalidad más elevadas en las dos especies se registraron durante esta fase, coincidiendo el primer pico de mortalidad con el primer verano después de la plantación (Tabla IV), lo que indicaría que el principal agente causante de la mortandad de los plantones fue la sequía estival (Bocio *et al.*, 2003).

distribución ecológica situándose en todo caso en aquellas zonas microtopográficamente más húmedas (e.g. laderas orientas al norte, pie de monte o pequeñas vaguadas y depresiones del terreno), en estas circunstancias, y a pesar de su flexibilidad adaptativa, pequeñas variaciones en las condiciones ambientales se tornan en desfavorables cuando se apartan de las condiciones óptimas de desarrollo (Gómez y Elena, 1996), siendo en la fase de instalación posterior a las labores de repoblación cuando la vegetación es especialmente sensible a situaciones anormales de los factores ecológicos. Así, la aparición de un período extremadamente seco como el que se registró durante los tres últimos años de seguimiento de esta experiencia fue suficiente para provocar una mortalidad masiva de encinas en la forestación experimental de Rambla de Becerra, reduciendo e incluso anulando el crecimiento de gran parte de ellas durante este tiempo.

En los ambientes mediterráneos secos y semiáridos, el factor más limitante para la reconstrucción de los ecosistemas es la escasez de agua (Vallejo *et al.*, 1999), por ello, un crecimiento rápido del sistema radical de las plántulas después de la plantación es crítico para escapar de la desecación del suelo (Mitchell y Correll, 1987; Carlson y Miller, 1990; Shainsky *et al.*, 1992), principalmente durante el primer verano postplantación, y para la supervivencia de la plantación.

La incidencia de este factor puede mitigarse en parte con la aplicación de técnicas de preparación del suelo que mejoren las condiciones del suelo y las disponibilidades hídricas del terreno y que faciliten el enraizamiento de las plantas. Así lo demuestran los resultados obtenidos del análisis de correlación entre los índices de comportamiento para la altura y el diámetro de la encina y el pino carrasco de donde se desprende que existen dos grupos de preparaciones del suelo claramente diferenciados por la eficacia que ejercen sobre el establecimiento y desarrollo tanto de la encina como del pino carrasco (Gráfico 9).



**Gráfico 9.** Relación entre los índices de comportamiento de las dos variables estudiadas para la encina (*Quercus rotundifolia*) y el pino carrasco (*Pinus halepensis*) ( $r$  = coeficiente de correlación;  $R^2$  = coeficiente de regresión).

En este sentido, las preparaciones más eficaces son aquellas que ofrecen un gran volumen de suelo útil de prospección al sistema radical de las nuevas plántulas y una elevada capacidad de almacenamiento de agua en el perfil como los ahoyados profundos realizados con retroexcavadora o los subsolados lineales, destacando en todo caso la enorme eficacia de las estructuras hidráulicas asociadas a estas preparaciones profundas

del suelo, bien sea a modo de caballones asociados a subsolados lineales o bien como microcuencas ligadas a ahoyados puntuales.

Por último, se desaconseja la utilización de las preparaciones areales del suelo fundamentalmente en forestaciones realizadas con encina por cuanto abogan al fracaso de la plantación debido a las elevadísimas pérdidas que provocan, en ningún caso asumibles.

#### 5.4. BIBLIOGRAFÍA

- Alcaraz, F. (1995). *Bioclima v. 1.2 para PC*. Ed. Universidad de Murcia.
- Barea, J.M. y Jeffries, P. (1995). Arbuscular mycorrhizas in sustainable soil plant systems. in: Hook, B. y Varma, A. (éd.), *Mycorrhiza Structure Function, Molecular Biology and Biotechnology*, Springer, Heidelberg, pp. 521-559.
- Betlenfalvay, G.J. y Linderman, R.G., (1992). *Mycorrhizae in Sustainable Agriculture*, ASA Special Publ., Madison, WI.
- Bocio, I. (2002). *Respuesta de la encina (Quercus rotundifolia Lam.) y del pino carrasco (Pinus halepensis Mill.) a diferentes técnicas de forestación en cultivos abandonados*. Memoria de Tesis Doctoral (inéd.).
- Bocio, I.; Navarro, F.B.; Ripoll, M.A.; De Simón, E. y M.A. Jiménez (2002). Holm oak (*Quercus rotundifolia* Lam.) and aleppo pine (*Pinus halepensis* Mill.) response to different soil preparation techniques applied to forestation in abandoned farmland. *Annals of Forest Science* (en prensa).
- Cano, E.; García-Fuentes, A.; Torres, J. A., Nieto, J. y Salazar, C. (1994). Vegetación de la cuenca del Guadiana Menor (Subsector Guadiciano-Baztetano, Andalucía-España). *Naturalia Baetica* 6: 7-112.
- Carlson, W.C. y Miller, D.E., (1990) *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 53-65.
- Di Castri, F. (1973). Climatographical comparisons between Chile and the western coast of North America. In F. Dicastri and H.A. Mooney, editors. *Mediterranean type-ecosystems*. Springer-Verlag, Berlin, Germany pp 21-36.
- Gámez, J. (1995). *El espacio geográfico de Guadix: aprovechamiento agrario, propiedad y explotación*. Universidad de Granada y Fundación Caja de Granada, Granada.
- Gómez, V. y Elena, R., (1996). Investigación de las marras causadas por factores ecológicos de naturaleza meteorológica. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales* 4 pp 13-25.

- González-Rebollar, J. L. (1999). Suelo, relieve, agua y paisaje. *Invest. Agr.: Sist. Recur. For.: Fuera de Serie*, 1: 123-134.
- Guàrdia, R., Cardona, M. y Ninot, J.M., (1996). *Soil seed bank and erosive processes in the badlands of the upper Llobregat basin*, First European Conference on Erosion Control, ILECA, Sitges.
- Margolis, H.A. y Brand, D.G. (1990). An ecophysiological basis for understanding plantation establishment. *Can. J. For. Res.* 20 pp. 375-390.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (1993). *Forestación en tierras agrícolas*, Hojas Divulgadoras 4/93 HD, Madrid.
- Mitchell, B.A. y Correll, R.L. (1987). The soil water regime in a young radiata pine plantation in southwestern Australia, *New Forest* 4 273-289.
- Montero de Burgos, J.L. y González-Rebollar, J.L. (1983). *Diagramas bioclimáticos*. Ed. ICONA. Madrid. 379 pp.
- Mooney, H.A.; Harrison, A.T. y P.A. Morrow (1975). Environmental limitations of photosynthesis on a California evergreen shrub. *Oecologia* 19: 293-301.
- Navarro, F.B. (1998). *Importancia ecológica de los pinares*. Encuentro Medioambiental Almeriense, tomo de biodiversidad: 106-125.
- Navarro, F. B.; De Simón, E.; Lorite, J. y Valle, F. (en prensa). Relación "clima-vegetación" durante la edad del Cobre-Bronce y la actualidad en la Depresión de Guadix-Baza basado en análisis antracológicos. *Colloques Phytosociol.*
- Noy-Meir, I. (1973). Desert ecosystems: environment and producers. *Ann. Review of Ecology and Systematics* 4pp. 25-51.
- Rivas-Martínez, S. (1996). Clasificación bioclimática de la Tierra. *Folia Botanica Matritensis*, 16: 1-20.
- Shainsky, L.J., Newton, M. y 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, pp. 101-110.
- Torres, J.A.; García-Fuentes, A.; Salazar, C.; Cano, E. y Valle, F. (1999). Caracterización de los pinares de *Pinus halepensis* Mill. en el sur de la Península Ibérica. *Ecología mediterránea*, 25(2): 135-146.
- Vallejo, V.R., Bautista, S. y Cortina, J. (1999). Restoration for soil protection after disturbances, in Trabaud, L. (éd.). *Life and Environment in the Mediterranean*, Witpress, France, pp. 301-343.
- Vera, J.A. (1970). Estudio estratigráfico de la Depresión de Guadix-Baza. *Bol. Geo. Min.* Tomos LXXXI-V. pp. 429-462.

### 5.3. MÉTODOS DE PREPARACIÓN DEL SUELO PARA LA FORESTACIÓN DE TIERRAS AGRARIAS Y SU INFLUENCIA SOBRE LA EVOLUCIÓN DE LA VEGETACIÓN NATURAL EN AMBIENTES SEMIÁRIDOS

Navarro, F.B.\*; Bocio, I.\*; Ripoll, M.A.\*; Jiménez, M.N.\*; Gallego, E.\*; De Simón, E.\*

\*Departamento Forestal, Centro de Investigación y Formación Agraria de Granada. Camino de Purchil s/nº 18080 Granada. E-mail: cifafore@teleline.es

#### 5.3.1. INTRODUCCIÓN

La aplicación de programas de ayudas promovidos por la PAC (Política Agraria Comunitaria) está reconvirtiendo, en la Unión Europea, miles de hectáreas de terrenos marginales y cultivos agrícolas abandonados a superficie forestal. Los principales objetivos que se pretenden conseguir son la eliminación de excedentes agrarios y luchar contra los procesos de erosión y desertificación, que constituyen en la actualidad uno de los grandes problemas ambientales de la cuenca mediterránea (Puigdefábregas, 1998). Sin embargo muy poco sabemos acerca de las implicaciones ecológicas que conllevan las distintas técnicas de forestación que se están empleando y las transformaciones que se realizan en estos ambientes agrarios por este tipo de actividades antrópicas, cuáles son adecuadas para la restauración ecológica y cuáles provocan alto impacto medioambiental.

Uno de los principales problemas que se presentan es que los cultivos agrícolas que se abandonan o reforestan, que en ocasiones se han explotado durante siglos, constituyen al menos en zonas mediterráneas secas y semiáridas, lugares donde las condiciones ecológicas se encuentran profundamente alteradas respecto a territorios forestales (Lasanta, 1989; Rodríguez-Aizpeolea y Lasanta, 1991; Rodríguez-Aizpeolea *et al.*, 1991). Los procesos de colonización y sucesión de la vegetación son extremadamente lentos e incapaces de amortiguar los fenómenos erosivos (Sánchez-López, 1995; Francis, 1990), entre otras cosas porque la fuerte fragmentación y reducción de los hábitats que viene sufriendo el medio natural desde tiempos históricos imposibilita en gran medida la restauración de los cultivos abandonados por la lejanía de la vegetación clímax a la mayoría de estos lugares, que en ocasiones pueden distanciarse centenares de kilómetros. En estas condiciones, el efecto de la superficie cubierta por la vegetación es de crucial importancia en los procesos de infiltración y de erosión del suelo (Box y Bruce, 1996; Dunne *et al.*, 1991), por lo que resulta fundamental el uso de la sucesión espontánea de la vegetación natural en la restauración o rehabilitación de estos agrosistemas (Prach *et al.*, 2001; Bakker *et al.*, 1998; Bradshaw, 1993; Jordan *et al.*, 1988; Young, 2000; Zobel *et al.*, 1998), junto a las plantas con las que se reforesta.

Por ello la utilización de métodos de preparación del suelo compatibles con la evolución de la vegetación natural y que por otro lado sean efectivos para la planta repoblada han constituido uno de los temas principales de investigación del Departamento Forestal del CIFA de Granada y es el punto sobre el que vertebramos este trabajo.

### 5.3.2. ANTECEDENTES

Existen numerosas publicaciones acerca de la respuesta de la vegetación mediterránea a distintas perturbaciones (Godron, 1996; Lavorel *et al.*, 1999; Pastor-López, 1996; Puigdefábregas y Puignaire, 1999), entre las que hay que destacar de forma prioritaria el fuego (Trabaud, 1991 y 1992; Pausas, 1999; Moreno y Oechel, 1994). También se han investigado distintas técnicas de restauración de la vegetación en áreas forestales degradadas encaminadas a la protección del suelo (Vallejo y Alloza, 1998; Green *et al.*, 1999; Cortina y Vallejo, 1999).

Sin embargo todos ellos se han realizado sobre suelos forestales. No obstante hay numerosos estudios relacionados con la sucesión de la vegetación en cultivos agrícolas abandonados y los cambios producidos por perturbaciones de origen natural o antrópico en distintos lugares del mundo (Donfack, 1996; Myster y Pickett, 1994; Bartha *et al.*, 2000; Brakenhielm, 2000; Fike y Niering, 1999; Jensen y Schrautzer, 1999, Hald y Vinther, 2000,...), pero las condiciones iniciales de estas investigaciones difícilmente se asemejan a las condiciones existentes en la Cuenca Mediterránea (Zamora y Puignaire, 2001), en las que la climatología (sequía estival) y la herbivoría son dos factores limitantes de la regeneración natural (Zamora *et al.*, 2001), junto a la lejanía respecto a núcleos de vegetación clímax como anteriormente se exponía. El problema se agrava en condiciones semiáridas en las que prácticamente no existen estudios de sucesión de vegetación en cultivos abandonados a largo plazo.

#### 5.3.2.1. Condiciones iniciales de las forestaciones y procedimientos de preparación del suelo

Otro punto a tratar es que las vocaciones iniciales del terreno que se reforesta pueden ser distintas. La legislación dice que son susceptibles de forestación los cultivos herbáceos, barbechos, cultivos leñosos, huertos familiares, eriales, pastos y monte abierto. Los métodos de preparación del suelo serán tanto más impactantes cuanto más y mejor esté establecida la vegetación natural. Por tanto en un cultivo herbáceo o en un barbecho poco importa el método que se emplee en cuanto a la vegetación natural se refiere, pero sí es importante elegir un método respetuoso cuando se reforesta un erial, un pastizal o un monte abierto, donde existe una vegetación establecida que ha tardado años en hacerlo y que está prestando numerosos beneficios medioambientales. En el caso de Andalucía, para el período 1993-1998, más del 30% de las forestaciones se habían realizado sobre terrenos de este tipo, con alguna vegetación establecida.

Sin embargo muchas de las superficies que se han reforestado se han preparado mediante tratamientos areales o "a hecho", como el laboreo pleno, generalmente provenientes de una cultura agrícola del reforestador. La pregunta que surge es la siguiente, ¿nos gastamos el dinero en forestar para proteger el suelo, luchar contra la erosión, restablecer los ciclos biogeoquímicos, aumentar la diversidad, etc. y por otro lado destruimos lo que ha tardado años en crearse y que tiene las mismas prestaciones, además de ser gratis?

#### 5.3.2.2. Perspectivas de futuro

El futuro de los terrenos reforestados debe ir encaminado hacia un aprovechamiento múltiple, al menos en Andalucía oriental y en todas aquellas áreas penin-

sulares donde las condiciones ecológicas no permitan un aprovechamiento productivo de tipo madera. La ganadería y la caza se presentan como los máximos candidatos para estos territorios seguido de la apicultura, recogida de plantas aromáticas y/o esenciales y el turismo o recreo.

Pero ninguno de estos aprovechamientos es posible sin un adecuado desarrollo de la vegetación natural. Por ello es importantísimo respetar al menos lo que se tiene con adecuadas prácticas reforestadoras y tratamientos culturales, y si es posible mejorarlo en busca de la diversificación, heterogeneidad, etc.

### 5.3.2.3. La experimentación en Rambla de Becerra

Ante esta problemática expuesta, en 1998 comenzamos una investigación encaminada a analizar los cambios que se producían en la estructura y composición de la vegetación en un cultivo agrícola abandonado sometido a distintos procedimientos de preparación del suelo bajo un clima mediterráneo semiárido. Los resultados se exponen a continuación:

### 5.3.2.4. Material y Métodos

#### *Área de estudio y antecedentes antrópicos*

Los muestreos se realizaron en Rambla de Becerra (Guadix, Granada), un área semiárida del sureste de España (Fig. 1). Se encuentra situada a 950 m y sus coordenadas son 37° 26' N y 3° 05' W. Los suelos son fluvisoles formados por aluviones periódicos de materiales sedimentarios (arenas, limos), y la precipitación media anual es de 320 mm, aunque existe una fuerte irregularidad (488 mm en 1998; 116 mm en 1999 y 220 mm en 2000). Las temperaturas mínimas en invierno pueden descender hasta los -10°C.

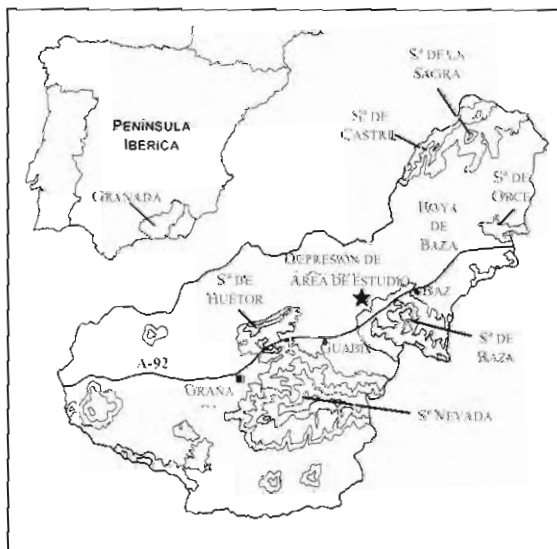


Figura 1. Localización del área de estudio.

### 5.3.1.5. Muestreos

Se colocaron 36 parcelas cuadradas de muestreo permanente (10x10 m), 3 réplicas por tratamiento. En total suman 18 parcelas de tratamientos puntuales, 12 de tratamientos lineales, 3 de tratamiento areal y 3 parcelas control. El tamaño del área fue estimado mediante el cálculo del área mínima de muestreo (Margalef, 1974) y quedó establecida en 100 m<sup>2</sup>. En ella se estudió la riqueza total de especies (n° sp./100 m<sup>2</sup>), la riqueza de especies leñosas (n° sp./100 m<sup>2</sup>), densidad de leñosas (n° indiv./100 m<sup>2</sup>) y la cobertura de leñosas (% ó m<sup>2</sup>), para lo cual se utilizó el método de intersección bajo transecto lineal de 30 m por parcela. Con la riqueza de especies leñosas (N) y la abundancia (S) de cada una de ellas se calculó el índice de diversidad de Margalef (DMg=S-1/lnN). Este procedimiento se ha diseñado y realizado siguiendo la metodología empleada por Magurran (1988), Moreno (2001), Bullock (1996), Chalmer y Parker (1989).

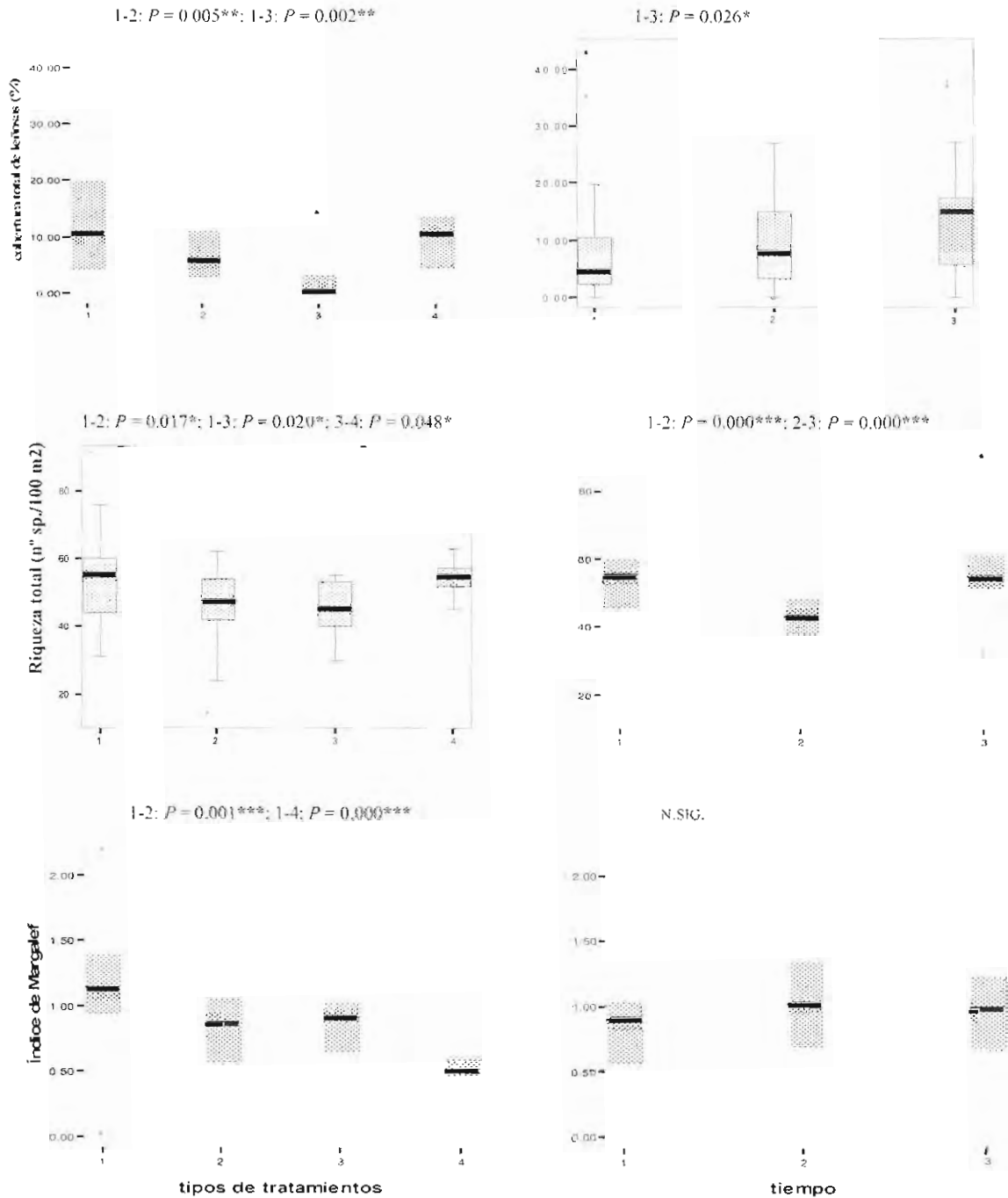
### 5.3.1.6. Resultados

*Factor: tipos de tratamientos y tiempo*

Los datos medios obtenidos para cada variable estudiada ( $\pm$  Desviación Estándar), año de muestreo y tipos de tratamientos, se muestran en la Tabla 3. El análisis de la varianza realizado (ANOVA) arrojó diferencias significativas entre los tipos de tratamientos y la riqueza total de especies, así como en el caso de la cobertura de especies leñosas. En cuanto a la riqueza de especies leñosas y el índice de diversidad de Margalef, la diferencia entre tratamientos fue altamente significativa (P=0.000), sin embargo para el factor tiempo solo se obtuvieron diferencias en cuanto a la riqueza total de especies.

| Variable   | Año  | Tipos de tratamientos |                  |                 |                   |
|--|------|-----------------------|------------------|-----------------|-------------------|
|  |      | Puntuales             | Lineales         | Areal           | Control           |
| Riqueza total de especies (n° sp./100 m <sup>2</sup> )   | 1998 | 56.6 $\pm$ 10.22      | 51.1 $\pm$ 11.89 | 48.0 $\pm$ 3.74 | 55.6 $\pm$ 7.71   |
|  | 1999 | 44.0 $\pm$ 8.23       | 40.2 $\pm$ 10.43 | 34.7 $\pm$ 4.10 | 52.6 $\pm$ 2.62   |
|  | 2000 | 59.3 $\pm$ 11.50      | 52.7 $\pm$ 9.40  | 51.4 $\pm$ 4.49 | 54.3 $\pm$ 2.05   |
| Riqueza de especies leñosas (n° sp./100 m <sup>2</sup> ) | 1998 | 5.39 $\pm$ 1.88       | 3.75 $\pm$ 0.28  | 3.00 $\pm$ 1.41 | 4.00 $\pm$ 1.41   |
|  | 1999 | 7.22 $\pm$ 1.90       | 4.83 $\pm$ 0.50  | 4.33 $\pm$ 0.47 | 5.00 $\pm$ 0.81   |
|  | 2000 | 6.39 $\pm$ 1.94       | 4.67 $\pm$ 0.33  | 4.66 $\pm$ 0.47 | 4.66 $\pm$ 1.24   |
| Índice de Margalef                                       | 1998 | 1.05 $\pm$ 0.50       | 0.81 $\pm$ 0.41  | 0.57 $\pm$ 0.41 | 0.47 $\pm$ 0.16   |
|  | 1999 | 1.20 $\pm$ 0.47       | 0.81 $\pm$ 0.35  | 1.06 $\pm$ 0.36 | 0.55 $\pm$ 0.08   |
|  | 2000 | 1.14 $\pm$ 0.44       | 0.77 $\pm$ 0.34  | 1.11 $\pm$ 0.42 | 0.50 $\pm$ 0.14   |
| Cobertura de leñosas (% ó m <sup>2</sup> )               | 1998 | 10.85 $\pm$ 11.50     | 4.83 $\pm$ 3.90  | 1.03 $\pm$ 1.16 | 4.26 $\pm$ 1.06   |
|  | 1999 | 13.83 $\pm$ 12.30     | 7.83 $\pm$ 4.83  | 1.74 $\pm$ 2.03 | 8.96 $\pm$ 3.43   |
|  | 2000 | 14.88 $\pm$ 10.68     | 9.77 $\pm$ 5.86  | 4.70 $\pm$ 6.64 | 16.02 $\pm$ 1.59  |
| Densidad de leñosas (n° indiv./ m <sup>2</sup> )         | 1998 | 1.40 $\pm$ 1.97       | 0.75 $\pm$ 1.00  | 0.26 $\pm$ 0.20 | 6.15 $\pm$ 4.45   |
|  | 1999 | 2.26 $\pm$ 1.50       | 1.55 $\pm$ 1.36  | 0.53 $\pm$ 0.37 | 22.73 $\pm$ 17.94 |
|  | 2000 | 2.05 $\pm$ 1.39       | 1.55 $\pm$ 1.37  | 0.55 $\pm$ 0.38 | 15.73 $\pm$ 9.90  |

**Tabla 3.** Datos obtenidos durante el período 1998-2000 ( $\pm$ DS) de los parámetros utilizados en este trabajo.



**Figura 4.** Cambios estadísticamente significativos entre los distintos parámetros estudiados y los dos factores utilizados a través de pruebas de análisis a posteriori (Post Hoc) utilizando el test de comparaciones múltiples LSD ("Least Significant Difference").  $^* = 0.05 > P > 0.01$ ;  $^{**} = 0.01 > P > 0.001$ ;  $^{***} = P < 0.001$ . (factor tipos de tratamientos: 1 tratamientos puntuales; 2 tratamientos lineales; 3 tratamiento areal; 4 control y factor tiempo: 1 muestreo de 1998; 2 muestreo de 1999; 3 muestreo de 2000) (Símbolos gráficos: ° valores atípicos; \* valores extremos; \_\_\_ mediana).

Vallejo, R. y Alloza, J.A. 1998. The restoration of burned lands: the case of eastern Spain. In: Moreno, J.M. (ed.) *Large Forest Fires*, pp. 91-108. Ed. Backbuys Publishers. Leiden. The Netherlands.

Vallejo, R., Bautista, S. y Cortina, J. 2000. Restoration for soil protection after disturbances. In: Trabaud, L. (ed.) *Life and environment in the Mediterranean*, pp. 301-343. Ed. WITpress.

Young, T.P. 2000. Restoration ecology and conservation biology. *Biol. Conserv.* 92: 73-83.

Zamora, R. y Puignaire, F. I. 2001. *Ecosistemas mediterráneos*. -- CSIC-AEET, España.

Zobel, M., van der Maarel, E. y Dupré, C. 1998. Species pool: the concept, its determination and significance for community restoration. *Appl. Veg. Sci.* 1: 55-66.

## 5.4. TÉCNICAS DE FORESTACIÓN CON ESPECIES ARBUSTIVAS Y DE MATORRAL EN AMBIENTES SEMIÁRIDOS

M<sup>a</sup> Noelia Jiménez\*; Francisco Bruno Navarro\*; M<sup>a</sup> Ángeles Ripoll\*; Inmaculada Bocio\*; Estanislao De Simón\* y Eduardo Gallego\*.

\* Departamento Forestal, Centro de Investigación y Formación Agraria de Granada, C/ Camino de Purchil s/n, apartado de Correos 2027 18080 Granada. [noelia.jimenez.ext@juntadeandalucia.es](mailto:noelia.jimenez.ext@juntadeandalucia.es)

### 5.4.1. RESUMEN

Las tradicionales forestaciones de tierras agrarias a base de pino carrasco (*Pinus halepensis*) y encina (*Quercus rotundifolia*) en ambientes secos y semiáridos, en ocasiones están teniendo problemas de supervivencia a causa del escaso e irregular régimen pluviométrico característico del clima mediterráneo, y la existencia de suelos agrícolas deteriorados entre otros factores; por lo que la utilización de especies arbustivas, con carácter xerófilo, perfectamente adaptadas a estos medios, y de crecimiento relativamente rápido, puede constituir una alternativa o complemento a estas forestaciones específicas. En este trabajo se presentan los resultados parciales de la investigación de distintas técnicas de plantación bajo distintas condiciones y para distintas especies con el fin de mejorar el éxito de las forestaciones, la posibilidad de usos y las características ambientales (aumento de la diversidad, heterogeneidad estructural, ...).

### 5.4.2. INTRODUCCIÓN

#### 5.4.2.1. Concepto de matorral

Valle (1992) define el matorral como “la comunidad de plantas leñosas heliófilas (caméfitos o fanerófitos), de tamaño y porte variable, en las que la parte aérea no se diferencia en tronco y follaje, que proceden de la degradación de formaciones climáticas y que pueden representar en ocasiones la vegetación estable de un territorio”. Algunas especies de los matorrales presentan una serie de características que los hacen aptos para ser utilizados en territorios de ombroclima semiárido: son plantas leñosas perennes, de apetencias heliófilas, tamaño y porte variable, generalmente plantas perennifolias y xerófilas. Además, pueden poseer características morfológicas y adaptaciones como la malacofilia (poseer hojas blandas que se marchitan durante la estación seca para dificultar la pérdida de agua) o esclerofilia (presentar hojas pequeñas, duras y reforzadas por tejidos mecánicos, que reducen la transpiración). Otras características morfológicas son la presencia de raíces largas para poder absorber bastante cantidad de agua, hojas pequeñas y verdes todo el año, tallos clorofílicos (biotipo retamoide), engrosamiento de la pared externa de la epidermis, y de la cutícula de las hojas, tallos transformados en espinas, almacenamiento de agua en el tallo, planta totalmente recubierta de pelos, formas hemisféricas, etc.

#### 5.4.2.2. Porqué utilizar el matorral

La causa principal de la existencia de los matorrales es antropozoógena por degradación de bosques, mediante cortas abusivas, incendios y pastoreos continuados (Valle, 1992).

En cultivos abandonados y forestaciones agrícolas aparecen distintos matorrales arbustivos en fases muy avanzadas de degradación y en la mayoría de los casos extremadamente lejos de restos de vegetación natural, lo que dificulta la regeneración natural de la vegetación (Navarro, 2001). Esos terrenos agrícolas abandonados que se reforestan son superficies de secano dedicadas a cultivo de cereal durante siglos, que presentan suelos esquilados de nutrientes y materia orgánica, así como una fuerte desestructuración, y que en muchas ocasiones se encuentran en estados de degradación irreversibles hacia la recuperación de la vegetación natural ancestral (Aronson *et al.*, 2000; Godron, 1995). En zonas semiáridas y áridas ( $Pp < 350$  mm) este proceso se agrava y además los procesos erosivos cobran importancia. Con la realización de forestaciones empleando o complementando con especies arbustivas no sólo se pretende diversificar las repoblaciones y luchar contra la erosión y desertificación sino también, proporcionar algún rendimiento económico ya sea mediante aprovechamiento ganadero, actividades cinegéticas, utilización industrial (destilación de esencias, elaboración de medicamentos, extracción de aceites esenciales...), y/o aprovechamiento apícola, que constituyen un complejo multifuncional de aprovechamientos muy aptos para las forestaciones agrarias de Andalucía oriental, donde no caben fines productivos de otro tipo como madera, corcho, piñón, etc.

#### 5.4.2.3. Influencia sobre la diversidad

Actualmente es ampliamente conocido que las plantaciones monoespecíficas y homogéneas, presentan poca o nula biodiversidad, debido a la débil estructura de la vegetación y del pobre sotobosque y composición florística, que reduce el número de nichos ecológicos (Carrascal y Tellería, 1990). Por el contrario, las plantaciones mixtas con variedad de árboles y arbustos favorece la diversidad faunística al proporcionar una mayor disponibilidad de alimento, una compleja estructura y composición florística. Al introducir especies de matorral en masas homogéneas, se consigue un cambio estructural y de composición de la vegetación que influye sobre las comunidades faunísticas ligadas a aquellas. Esa heterogeneidad ambiental aumenta la diversidad, por tanto cuando hay variedad vegetal la diversidad de especies animales será superior (Camprodon, 2001). Este hecho es importantísimo para el aprovechamiento cinegético.

Diversos estudios demuestran que el estrato arbustivo presenta una variada ornitofauna: túrdidos como el mirlo (*Turdus merula*) y los zorzales (*Turdus torquatus*, *T. philomelos*), silvidos como la curruca cabecinegra (*Sylvia melanocephala*) y la curruca carrasqueña (*S. cantillans*), el chochín (*Troglodytes troglodytes*), el acentor común (*Prunella modularis*), la tortola común (*Streptopelia turtur*) y el mosquitero común (*Phylloscopus collybita*). Además sirve de alimento, reproducción y refugio de muchas especies de fauna invertebrada y vertebrada, que actúan como dispersantes de semillas, por ejemplo, los frutos del majuelo (*Crataegus monogyna*), el lentisco (*Pistacia lentiscus*), la coscoja (*Quercus coccifera*), el enebro (*Juniperus oxycedrus*), la sabina (*Juniperus phoenicea*), el espinillo negro (*Rhamnus lycioides*), el endrino (*Prunus spinosa*), el madroño (*Arbutus unedo*), etc. sirven de alimento para aves, roedores y

carnívoros. Distintos autores han encontrado correlaciones entre la diversidad de aves y el porcentaje de cobertura del estrato arbustivo (Helle, 1985; Carrascal y Tellería, 1990) y relación entre la diversidad de pequeños mamíferos y el desarrollo de los estratos herbáceo y arbustivo (González-Esteban *et al.*, 1997; Camprodon, 2001).

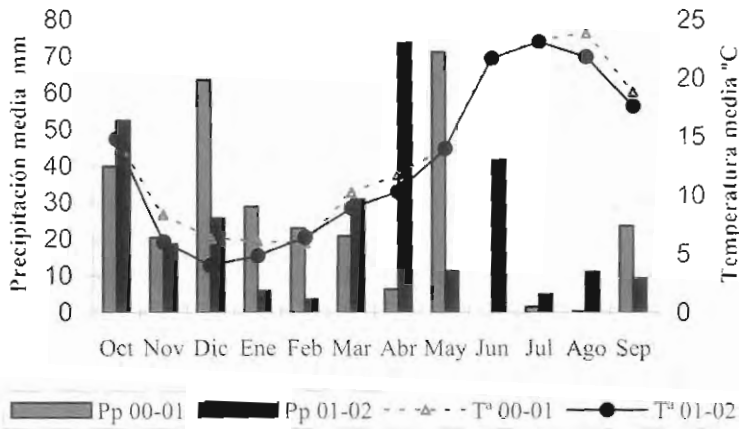
### 5.4.3. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ENSAYO

Los terrenos de experimentación se localizan en una finca propiedad de la Consejería de Medio Ambiente, en el Norte de la provincia de Granada, comarca de Guadix y denominada Rambla de Becerra. Su situación queda delimitada por las coordenadas U.T.M. 30SVG9142, entre los 900 y 1000 m. sobre el nivel del mar. Desde el punto de vista topográfico se distinguen tres unidades fisiográficas: altiplanos, que es una zona más o menos llana por encima de los 1000 m.; cárcavas, que constituyen la separación entre los altiplanos y la depresión, con una cota que varía entre los 900 y 1000 m.; y la depresión o rambla que es la zona más baja y constituye una cuenca receptora y canalizadora de escorrentías cuya altitud es aproximadamente 900 m. Existe otra parcela de experimentación en la “Rambla del Baúl” (Monte Bátor), situada a pocos kilómetros de la anterior y dentro también de la comarca de Guadix. Topográficamente se describe como una altiplanicie.

Geológicamente la zona de estudio está enclavada dentro de las Cordilleras Béticas, concretamente formando parte de una gran depresión intramontaña, Depresión de Guadix-Baza, constituida por materiales de Edad Neógeno-Cuaternaria (I.G.M.E., 1979).

Los suelos más abundantes en *Rambla Becerra* son fluvisoles, con materia orgánica variable en general muy baja, pendientes que varían entre 8-12%, textura arenosa-limosa, estructura masiva o laminar en superficie, con capacidad de retención escasa y encostramiento superficial que favorece el proceso de escorrentía superficial. La unidad del *Altiplano* de Rambla Becerra, se caracteriza por poseer fundamentalmente calcisoles pétricos con presencia de un horizonte petrocálcico, materia orgánica alta, pendiente nula, textura franco-arcillo-arenosa, relativamente bien estructurado, alta capacidad de retención y baja escorrentía superficial. En el *Baúl* hemos considerado los suelos de características similares a éstos últimos.

En la zona de estudio contactan dos series de vegetación: la serie mesomediterránea bética basófila de la encina, *Paeonio coriaceae-Querceto rotundifolia* 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 laterales y el fondo de la rambla (fluvisoles) (Valle *et al.*, 2002).



**Gráfico 1.**  
 Datos de temperatura media mensual y precipitación mensual durante el período de estudio de la estación meteorológica situada en Rambla Becerra.

Durante el período de experimentación se ha ido realizando un seguimiento del clima a través de la estación meteorológica experimental de Rambla Becerra (Gráfico 1). La temperatura media durante el año meteorológico 2000-2001 fue 13.7°C y en 2001-2002 de 12.7°C; la precipitación anual durante el año meteorológico 2000-2001 fue 299,1 l/m<sup>2</sup> y en 2001-2002 de 288,7 l/m<sup>2</sup> siendo la media histórica de 318 litros. Destacar la temperatura máxima absoluta en julio de 2001 (38,1°C) y en junio de 2002 (37,8°C), y la mínima absoluta en enero de 2001 (-5,4°C) y en diciembre de 2001 (-7,6). Ante estos cambios tan bruscos de temperatura debido a un gran aislamiento y continentalidad, la supervivencia de las plantas es difícil.

#### 5.4.4. TÉCNICAS DE FORESTACIÓN EMPLEADAS

##### -Plantación

Este método de forestación consiste en la introducción de una planta de edad y tamaño variables, producidas en vivero mediante enterramiento adecuado de su sistema radical en terrenos preparados previamente (Pemán y Navarro, 1998; Serrada, 2000).

##### 5.4.4.1. Procedimientos de preparación del suelo

A la hora de realizar una forestación en tierras agrícolas hay que hacer una buena preparación del terreno y así facilitar la penetración y desarrollo de las raíces en el terreno durante los primeros años, eliminar las “suelas de labor” (consistente en la formación de una capa endurecida que impide la penetración de las raíces y del agua) allí donde existan, aumentar la capacidad de retención de agua en los suelos, aumentar el volumen de suelo útil para las raíces, conseguir una aireación de las capas del suelo, facilitar las labores de plantación o siembra y micorrizar la planta en vivero o in situ (Gómez-Jover y Jiménez, 1997; Navarro *et al.*, 1996).

Los diferentes métodos de preparación del suelo según la extensión superficial afectada se pueden clasificar en puntuales, lineales y areales. En las parcelas de experimentación se realizaron preparaciones puntuales que afectan a una escasa extensión superficial con una distribución regular. Este método consiste en la excavación con herramientas manuales o mecánicas, de un hoyo de forma y dimensión va-

riable (Pemán y Navarro, 1998). Además, se hizo una pequeña explanación en la superficie del terreno removido que constituye la banqueta de plantación. Los métodos puntuales empleados fueron, ahoyado con barrena y ahoyado con retroexcavadora. El ahoyado con barrena consiste en la apertura de hoyos cilíndricos de unos 30 cm de diámetro mediante barrenas helicoidales accionadas por motor; la profundidad del ahoyado oscila entre 40 cm y 1 m. Con este procedimiento se produce inversión y mezcla de los horizontes del suelo. El ahoyado con retroexcavadora conlleva la remoción del suelo, sin extracción de la tierra, mezclándose total o parcialmente los horizontes del mismo y afecta a un volumen de forma prismática (Serrada, 2000; Pemán y Navarro, 1998). Se utilizó la retroexcavadora en el Altiplano y Rambla Becerra que permitía la accesibilidad de maquinaria pesada por ser un cultivo abandonado, mientras que en el Baúl, no pudo acceder esta máquina pesada y se empleó la barrena helicoidal, puesto que se pretendía forestar a la sombra de un pinar de aproximadamente 8 años de edad.

#### 5.4.4.2. Introducción de la planta y experimentación

En las parcelas de experimentación situadas en el *Altiplano* de Rambla Becerra se hizo un ahoyado con retroexcavadora de 80 H.P. con cuchara grande (50 x 80cm), y las especies empleadas fueron: *Rhamnus lycioides* (espino negro), *Juniperus oxycedrus* (enebro de miera), *Juniperus phoenicea* (sabina mora), *Juniperus thurifera* (sabina albar) y *Quercus coccifera* (coscoja). Se demarcaron 8 parcelas de 500 m<sup>2</sup> (20 x 25m), con 25 plantas cada una, plantadas de forma manual, en marco real y con alternancia de especies; a 4 de esas parcelas se les colocó protector *Tubex* y a las otras 4 no. Además se plantó *J. thurifera* en 2 parcelas contiguas con las mismas dimensiones e igual diseño que las anteriores, una con protector *Tubex* y otra no.

En Rambla de Becerra la preparación de terreno también fue ahoyado con retroexcavadora de cuchara grande. Se demarcaron 4 parcelas de 500 m<sup>2</sup> (20 x 25m), con 25 plantas cada una, plantadas de forma manual, en marco real y alternando las siguientes especies: *Pistacia lentiscus* (lentisco), *Ephedra fragilis* (efedra), *Rhamnus lycioides* y *Juniperus phoenicea*.

La preparación del terreno en el Baúl fue un ahoyado con barrena, plantándose *Juniperus oxycedrus*, *Quercus coccifera*, *Pistacia lentiscus*, y *Ephedra fragilis*. Aquí se diseñaron 4 parcelas de 500 m<sup>2</sup> (20 x 25m), con 25 plantas cada una, plantadas de forma manual, y con alternancia de especies. Estas parcelas están situadas dentro de un pinar de repoblación de aproximadamente 8 años, para así ver el efecto del sombreado sobre la supervivencia y crecimiento de las especies.

Las plantas que fueron adquiridas en los viveros Paisajes del Sur, S.A. y Ponce Lajara, estaban en contenedor de 200 ó 250 cm<sup>3</sup> y de 2 savias, y las regiones de procedencia son las siguientes (Rosúa *et al.*, 2001): *J. phoenicea* L. subsp. *phoenicea*, sierras Malacitano-Almijarenses; *E. fragilis* Desf. subsp. *fragilis*, Sur-Sureste de Andalucía; *Q. coccifera* L., Andalucía; *R. lycioides* L., Andalucía; *P. lentiscus* L., Andalucía termófila; *J. oxycedrus* L. subsp. *oxycedrus*, Sierra Morena-Bética; *J. thurifera* L., Nororiental Andaluz. Las plantaciones se llevaron a cabo al final de febrero de 2001. La elección de las especies se llevó a cabo acorde a la vegetación potencial del territorio.

Con todas estas especies se está contrastando el efecto del protector *Tubex* (invernadero), el sombreado del pinar de repoblación y el tipo de suelo (fluvisol o calcisol) sobre la supervivencia y el crecimiento de las plantas.

A las plantas se les midió altura (cm) y diámetro del cuello de la raíz (mm) en febrero, julio y octubre de 2001 y en febrero, julio y octubre de 2002.

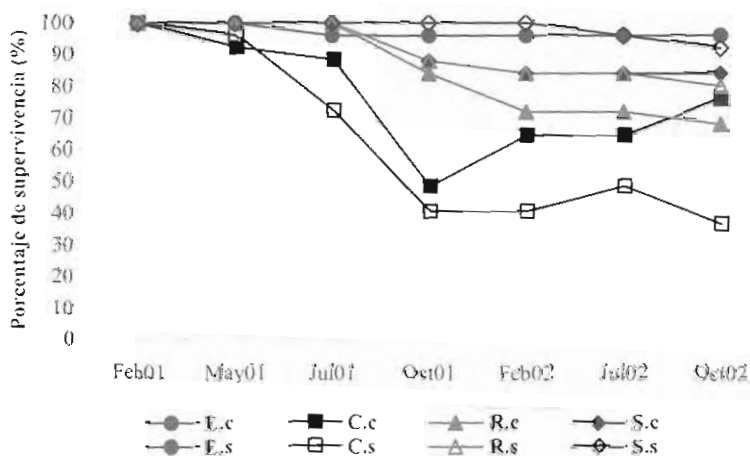
### 5.4.4.3. Resultados

Altiplano de Rambla Becerra: \*Efecto del protector

#### *Supervivencia*

Respecto a los resultados obtenidos sobre supervivencia (gráfico 2), en las parcelas donde el tipo de suelo es un calcisol pétrico, destaca *J. oxycedrus* por presentar el mayor porcentaje de supervivencia (96%) tanto con protector como sin él. *J. phoenicea* y *R. lycioides* también presentan un valor alto, siendo mayor en las parcelas sin protector (96% sin protector y 84% con protector para *J. phoenicea*, 84% sin protector y 72% con protector para *R. lycioides*). Por el contrario, *Q. coccifera* presenta menor supervivencia sin protector (48%). En general, todas las especies han disminuido la supervivencia con el tiempo aunque la coscoja en ocasiones ha aumentado ya que como adaptación a la xericidad estival, pierden las hojas y después rebrotan.

Los mejores resultados de supervivencia se han obtenido para *J. thurifera* que no presenta ninguna marra, en ninguna de las parcelas (con y sin protector).



**Gráfico 2.** Supervivencia de las distintas especies empleadas en el Altiplano de Rambla Becerra sobre calcisoles pétricos, con y sin protector *Tubex*. E=enebro; C=coscoja; R= espino negro; S= sabina mora; c= con protector; s= sin protector

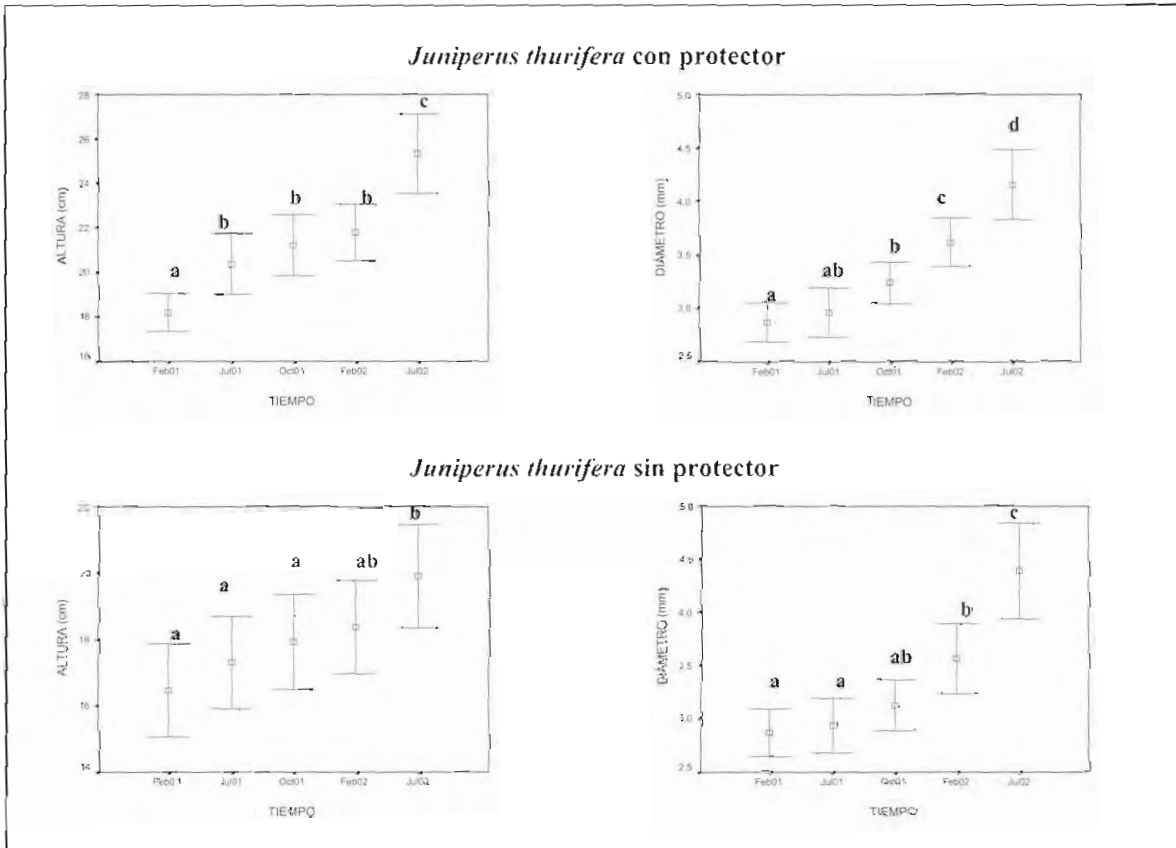
#### *Crecimientos*

En la tabla 1 aparecen los incrementos totales para la altura y el diámetro y el análisis de la varianza (ANOVA) o prueba de Kruskal-Wallis para el factor "protector" de las distintas especies utilizadas.

| Especies               | Altura (cm)          |                 | df | F-ratio         | P        |
|------------------------|----------------------|-----------------|----|-----------------|----------|
|                        | Calcisol + protector | Calcisol + raso |    |                 |          |
| <i>J. oxycedrus</i>    | 4.14 ± 3.55a         | -0.41 ± 2.79b   | 1  | 24.42           | 0.000*** |
| <i>Q. coccifera</i>    | -4.39 ± 5.77a        | -7.54 ± 4.52a   | 1  | 1.78            | 0.198    |
| <i>R. lycioides</i>    | 6.81 ± 9.94a         | -4.66 ± 7.78b   | 1  | 14.68           | 0.000*** |
| <i>J. phoenicea(1)</i> | -1.58 ± 3.24a        | -3.70 ± 1.86b   |    | $\chi^2 = 5.82$ | 0.015*   |
| Diámetro (mm)          |                      |                 |    |                 |          |
| <i>J. oxycedrus</i>    | 1.22 ± 0.80a         | 1.42 ± 0.76a    | 1  | 0.79            | 0.380    |
| <i>Q. coccifera</i>    | -0.96 ± 1.18a        | -1.35 ± 1.09a   | 1  | 0.56            | 0.462    |
| <i>R. lycioides</i>    | 0.49 ± 0.79a         | 0.55 ± 0.91a    | 1  | 0.04            | 0.841    |
| <i>J. phoenicea</i>    | 0.14 ± 0.78a         | 0.40 ± 0.96a    | 1  | 0.95            | 0.336    |

**Tabla 1.** Análisis de la varianza (ANOVA) o prueba de Kruskal-Wallis (1) (en caso de no cumplirse el test de Levene de igualdad de varianzas) para el factor "protector" para las diferentes especies empleadas (incremento total ± desviación estándar); letras distintas significa que hay diferencias significativas (\* = 0.05 > P > 0.01; \*\*\* = P < 0.001).

Las especies con protector presentan un incremento en altura mayor que las que carecen de él, existiendo diferencias significativas para *J. oxycedrus*, *R. lycioides* y *J. phoenicea*. Al raso, todas las especies muestran incrementos negativos posiblemente debido al mecanismo de adaptación a la xericidad estival, por el que pierden las hojas y posteriormente rebrotan. Respecto al diámetro, aunque es ligeramente mayor para las especies al raso, no aparecen diferencias significativas. Es de destacar, que *Q. coccifera* presenta un incremento en diámetro negativo.



**Gráfico 3.** Análisis de la varianza (ANOVA) para el factor "tiempo" de la altura y el diámetro; letras distintas significa que existen diferencias significativas (P=0.01-0.05; P=0.001-0.01; P> 0.001).

*J. thurifera* aumenta progresivamente su altura con el tiempo de forma significativa, siendo éste mucho más apreciable en las sabinas con protector. Durante la primera primavera y en general, el primer año tras la plantación, el incremento en diámetro es pequeño y es en la segunda primavera cuando aumentan significativamente tanto las sabinas con protector como las que carecen de él (gráfico 3); existen diferencias significativas respecto a la altura siendo bastante superior en las sabinas con protector; sin embargo, el diámetro es muy parecido entre sabinas con y sin protector, no mostrando diferencias significativas (gráfico 4).



**Gráfico 4.** Análisis de la varianza (ANOVA) para el factor "protector" de los incrementos totales (feb01-jul02) en altura y en diámetro; letras distintas significa que existen diferencias significativas ( $P=0,01-0,05$ ;  $P=0,001-0,01$ ;  $P> 0,001$ ).

Con los resultados obtenidos hasta el momento podemos decir que la especie mejor adaptada a la zona de estudio es *J. thurifera*, seguida de *J. oxycedrus* y *J. phoenicea*. La presencia de protector *Tubex* provoca un ahilamiento de la planta, de manera que hay un desequilibrio entre altura y diámetro, lo que influye en la estabilidad de la misma; provoca una fuerte descompensación entre altura-diámetro.

#### Rambla Becerra: \*Efecto del suelo

En la Rambla de Becerra, donde las especies plantadas sobre suelos predominantemente de tipo fluvisoles arénicos fueron *R. lycioides*, *J. phoenicea*, *P. lentiscus*, y *E. fragilis* y no se les colocó protector *Tubex*, ha habido un elevado porcentaje de marras, únicamente ha sobrevivido un 8% de *E. fragilis* (gráfico 5). Si observamos la supervivencia de estas mismas especies sobre calcisoles pétricos o bajo el sombreado del pinar, vemos que es mucho mayor en éstos casos, por lo que el fracaso de esta plantación en la Rambla es debido a las características edáficas de los suelos arenosos que impiden la retención de agua incrementando las condiciones de xericidad ya que las características climáticas son las mismas en los tres casos.

#### Baúl (Monte Bátor): \*Efecto del sombreado

Por el contrario, las parcelas situadas sobre calcisoles bajo efecto del sombreado en el Baúl, presentan un porcentaje de supervivencia muy elevado, destacando *E. fragilis* con un 100% (gráfico 5). *Q. coccifera* presenta mayor supervivencia bajo el efecto del sombreado, respecto a la plantación con protector o sin él en el Altiplano, y *J. oxycedrus* más o menos igual. Al comparar *P. lentiscus* y *E. fragilis* al raso en la Rambla y bajo el sombreado del pinar, destaca el bajo porcentaje de marras de ambas especies en el Baúl.

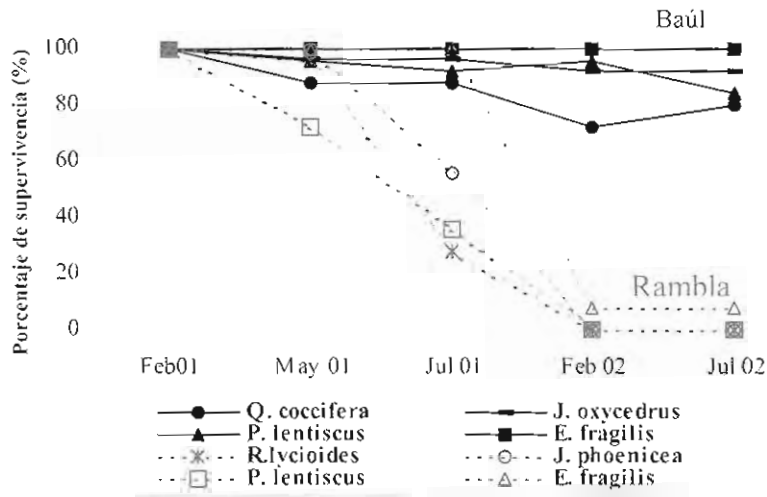
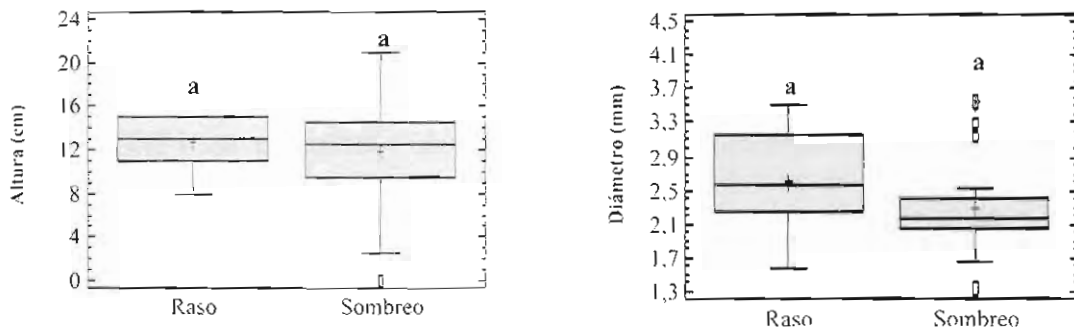


Gráfico 5. Supervivencia de las distintas especies empleadas en Rambla Becerra sobre fluvisoles y en el Baúl sobre calcisoles, bajo sombreado del pinar.

*Quercus coccifera*



*Juniperus oxycedrus*

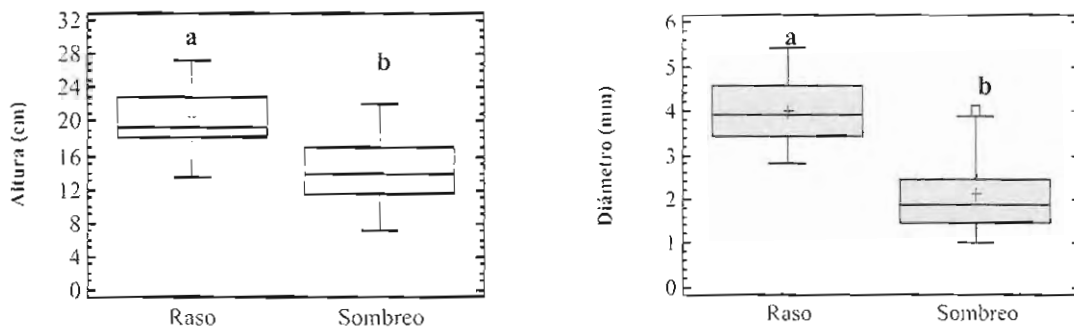


Gráfico 6. Análisis de la varianza (ANOVA) o prueba de Kruskal-Wallis (en caso de no cumplirse el test de Levene) para el factor “sombreo”, en la última campaña de muestreo (julio 02): letras distintas significa que existen diferencias significativas ( $P > 0,001$ ). Símbolos gráficos: \_ valores atípicos; + media; - mediana.

Posiblemente, la escasa supervivencia que aparece en la Rambla sea debido a las desfavorables características edáficas que posee. Los crecimientos de las especies plantadas bajo el efecto del sombreado son menores que en el Altiplano, sin protector (gráfico 6). Únicamente existen diferencias significativas para *J. oxycedrus* tanto para la altura como para el diámetro.

#### 5.4.4.4. Siembra

Consiste en depositar semillas de la especie elegida directamente sobre el terreno en el que se quieren introducir (Pemán y Navarro, 1998).

Tradicionalmente la implantación de especies forestales mediante siembra se desaconsejaba debido a los riesgos de pérdidas por meteorología desfavorable, predación por la fauna, enfermedades en la nascencia, y desarrollo radicular y emergencia afectados por las características edáficas (Carreras *et al.*, 1997). Sin embargo, la siembra frente a la plantación ofrece una serie de ventajas tales como menor coste y rapidez de ejecución, mejor adaptación de las plántulas al medio ya que la planta nace y se desarrolla desde un principio en el medio en el que ha de vivir, ocupación del terreno más rápida permitiendo altas densidades finales de repoblación, menor remoción del terreno, accesibilidad a todo tipo de terrenos y el sistema radical conserva su porte y desarrollo natural (Montoya, 1997; Pemán y Navarro, 1998). Montoya (1982) a partir de los resultados obtenidos tras haber realizado ensayos comparativos de siembras a distintas profundidades y con diferentes tamaños de bellota de *Q. suber*, desaconseja la siembra a mayor profundidad, pero por el contrario Carreras *et al.* (1997) consigue resultados exitosos de una repoblación mediante siembra a 15 cm de profundidad, de bellota de *Q. rotundifolia*, en una experiencia realizada en Vélez-Rubio (Almería), lo que nos lleva a la elección de esta técnica en nuestra zona de estudio. En ambientes mediterráneos donde las lluvias son escasas y de distribución irregular, el suelo permanece húmedo poco tiempo, es por ello que al realizar la siembra a mayor profundidad éste permanece húmedo durante más tiempo a la vez que la temperatura está sujeta a menos oscilaciones y favorece la germinación. Vilagrosa *et al.* (1996) realiza ensayos comparativos, en los pisos bioclimáticos termomediterráneo y mesomediterráneo de ombroclima seco, entre plantaciones y siembras a 5 y 10 cm de profundidad con bellotas de *Q. rotundifolia* y *Q. coccifera*, obteniendo unos resultados de supervivencia del mismo orden tanto para la encina como para la coscoja en el termoclima termomediterráneo seco, y mejores resultados en la siembra de bellota respecto a la plantación en el mesomediterráneo seco.

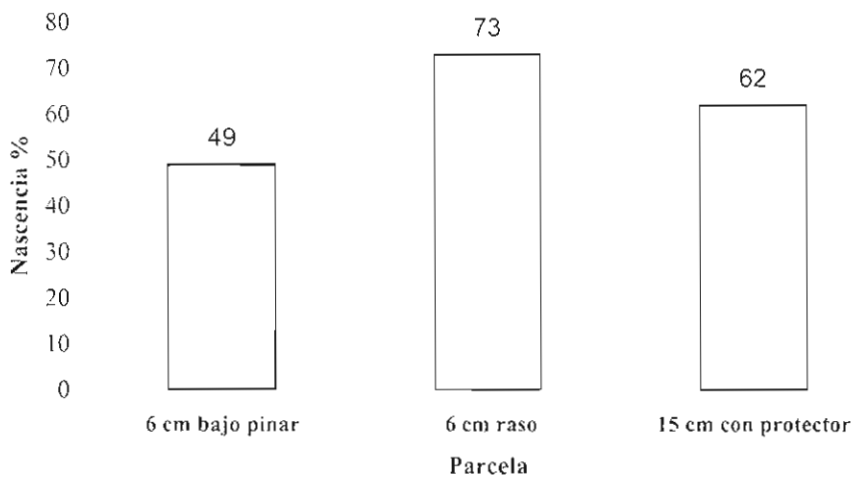
##### 5.4.4.4.1. Diseño experimental

En el Altiplano de Rambla Becerra se demarcaron 3 parcelas de 900 m<sup>2</sup> (30 x 30m) cada una, donde se sembraron 100 bellotas de *Quercus coccifera*/parcela mediante la realización de hoyos manuales con una azada en el momento de la siembra. En 2 de esas parcelas la profundidad del hoyo fue de 6 cm, estando una de ellas al raso y la otra, bajo un pinar de repoblación; en la tercera parcela, se hicieron hoyos de 15 cm y se colocó protector *Tubex*. La semilla fue recolectada en una zona cercana (Baúl) el 2 de noviembre de 2001 y estratificada a temperatura de 4 °C hasta el momento de la siembra en campo el 15 del mismo mes. Se sembró una bellota/hoyo y en cada hoyo se colocó un protector de malla para evitar la depredación. La potencia germinativa en laboratorio

fue del 82%. Se quieren comparar 4 tipos de siembras, bajo un pinar de repoblación, utilizando inóculo bruto, a la sombra de encinas (orientadas al norte) y al raso.

#### 5.4.4.2. Resultados

El gráfico 7 muestra el porcentaje de nascencia en cada una de las parcelas de experimentación en julio de 2003. Las bellotas sembradas a poca profundidad (6 cm) al raso han presentado el mayor porcentaje de nascencia (73%), seguidas de las bellotas sembradas en hoyos de 15 cm y con protector *Tubex* (62%); bajo el pinar de repoblación la nascencia ha sido bastante menor (49%), posiblemente debido a que la radiación es menor, lo cual parece no favorece la germinación de las bellotas.



**Gráfico 7.** Porcentaje de nascencia de bellotas de coscoja sembradas mediante los tres tratamientos empleados.

#### 5.4.4.3. Núcleos de dispersión

En ambientes mediterráneos, donde las condiciones climáticas y ecológicas son tan cambiantes de un año para otro y adversas, la regeneración natural espontánea de los bosques y matorrales mediterráneos es lenta y difícil. Los principales factores limitantes de la regeneración natural son la sequía estival, que influye tanto en la germinación de semillas como en la supervivencia de plántulas y los herbívoros que son depredadores de semillas o de plántulas (Zamora *et al.*, 2001). Igualmente, la fuerte fragmentación y reducción de los hábitats que viene sufriendo el medio natural desde tiempos históricos imposibilita en gran medida la restauración de los cultivos abandonados y forestaciones por la lejanía de la vegetación clímax a la mayoría de estos lugares, que en ocasiones puede distanciarse centenares de kilómetros (Navarro, 2002).

Según Zamora *et al.*, (2001) los matorrales favorecen la regeneración porque permiten la acumulación de materia orgánica y dan sombra, con lo cual hay una menor radiación y temperatura existiendo una adecuada retención de la humedad del suelo, proporcionan unas condiciones edáficas y microclimáticas que favorecen la supervi-

vencia y el crecimiento de plántulas, protegen frente a depredadores y actúan como interceptores de semillas.

Esta técnica consiste, en la creación de pequeños rodales de matorral de bajo porte, crecimiento rápido y gran capacidad de invasión y colonización, dispersos en las forestaciones o repoblaciones monoespecíficas y homogéneas, de forma puntual y con gran densidad de planta y especies, influyendo en el aumento de la biodiversidad. En las tradicionales forestaciones, el crecimiento de las plántulas es lento y se necesitan muchos años para formar una comunidad vegetal con elevada diversidad, siendo necesario realizar posteriores tratamientos silvícolas de aclareo que permitan la restauración de la biodiversidad y funciones del ecosistema original (Vallauri *et al.*, 2002); sin embargo, la instalación de estos núcleos con especies características de la zona, permite una recuperación del territorio según su dinámica natural, en relativamente poco tiempo si se hace adecuadamente.

Los objetivos de ésta tercera técnica son crear unos pequeños núcleos de dispersión que ayuden a la recolonización de zonas cercanas susceptibles de recuperación (cultivos abandonados, montes degradados, repoblaciones forestales,...), diversificar las masas monoespecíficas, reintroducir especies que han desaparecido (por roturación, lejanía a núcleos de vegetación natural, incendios, etc.) y conseguir una biodiversidad de especies colonizadoras. Se trata de hacer pequeños rodales dispersos en las forestaciones o repoblaciones específicas donde se introducen un alto número de especies de matorral en gran densidad, convenientemente especies de alta y temprana capacidad de colonización. Sería una medida barata pero de gran repercusión para los posibles aprovechamientos cinegéticos, apícolas, pascícolas, etc. Y desde el punto de vista de la conservación de la diversidad.

#### 5.4.4.4.4. Diseño experimental

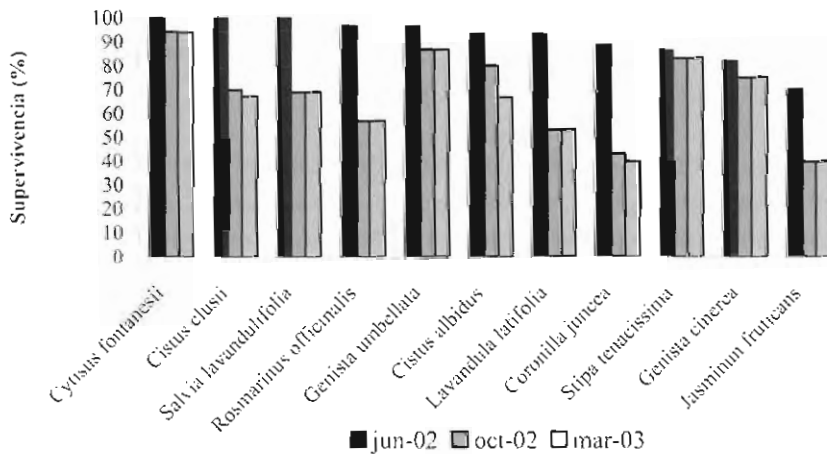
En el Altiplano de Rambla Becerra se demarcaron 3 parcelas de 110 m<sup>2</sup> (10x11m), donde se plantaron 110 plantas en cada una, de forma manual, en marco regular y con alternancia de especies. Estas parcelas se protegieron frente a animales colocando una malla alrededor de las mismas. La plantación se realizó a finales de febrero de 2002. Las especies elegidas pertenecen a la serie de vegetación potencial reinante en la zona (*Paecónio coriaceae-Querceto rotundifoliae* S.): *Lavandula latifolia* (lavanda), *Stipa tenacissima* (esparto), *Jasminum fruticans* (jazmín), *Salvia lavandulifolia* (salvia), *Rosmarinus officinalis* (romero), *Cistus clusii* (romero macho), *Cistus albidus* (jara blanca), *Genista umbellata* (bolina), *Coronilla juncea* y *Cytisus fontanesii*. Todas ellas son especies que forman matorral bajo, con un sistema radicular superficial que no compite por los recursos en caso de coexistir con especies arbóreas cuyas raíces penetran profundamente, resistentes a la sequía y con gran capacidad colonizadora. A este respecto, los resultados obtenidos por Zamora *et al.*, (2001) indican que la supervivencia de plantaciones de especies como *Pinus halepensis* (pino carrasco), *Pinus nigra subs. salzmanii* (pino salgareño) o *Quercus rotundifolia* (encina) es siempre mayor cuando son plantadas junto al matorral que fuera de él.

El análisis y seguimiento de esta técnica consiste en estudiar las características ecológicas y adaptativas de cada especie como polinización, tipo de dispersión, la capacidad de colonización en cantidad y distancia mediante la creación de círculos concéntricos para ver la distancia de dispersión y número de plantas (densidad), feno-

logía, capacidad de germinación, tipo de semillas y cantidad, floración y fructificación, estrategias de supervivencia y procesos asociados (cómo afectan las precipitaciones y orientaciones).

#### 5.4.4.4.5. Resultados

El gráfico 8 muestra los resultados obtenidos respecto a la supervivencia de las especies utilizadas en los núcleos de dispersión. En general, todas las especies presentan elevada supervivencia, por encima del 50% excepto *Coronilla juncea* y *Jasminum fruticans* con aproximadamente un 40%. Después del primer verano tras su plantación, las marras han ido aumentando en algunos casos hasta un 40% más. Al año siguiente de su plantación las especies que presentaron mayor supervivencia fueron *Cytisus fontanesii* con un 94%, *Genista umbellata* con un 86,7% y *Stipa tenacissima* con un 83,3%. Casi todas las especies han florecido y fructificado durante la primera primavera o verano, excepto *R. officinalis*, *S. tenacissima* y *G. cinerea*.



**Gráfico 8.** Porcentajes de supervivencia de cada una de las especies empleadas en los núcleos de dispersión.

#### 5.4.3.4.6. Discusión

Tras analizar los resultados obtenidos en los distintos ensayos realizados podemos decir que en general, las especies arbustivas y de matorral utilizadas, presentan una elevada supervivencia, por lo que pueden ser empleadas en las actuales forestaciones o repoblaciones en zonas semiáridas. Son especies que pese a plantarse bajo condiciones climáticas tan adversas como las existentes en nuestro territorio (la precipitación media anual caída en cada uno de los periodos de seguimiento del estudio, ha sido inferior al valor de precipitación media anual histórico), son capaces de sobrevivir y desarrollarse. En cuanto al efecto del protector, decir que todas las especies plantadas en el Altiplano presentan un porcentaje de supervivencia bastante superior al 50%, siendo este valor mayor cuando no se les coloca protector, excepto *Q. coccifera* que presenta mayor supervivencia con protector (64%) que sin él (48%). Estos resultados reflejan las excelentes estrategias adaptativas de estas especies arbustivas en ambientes semiáridos. Por otro lado, aparecen diferencias significativas entre *J. oxy-*

#### 5.4.5. BIBLIOGRAFÍA

Aronson, J., Gondard, H., Grandjanny, M. y Romane, F. (2000). Indicators and constraints for autogenic return to original forest vegetation in the Cévennes. – In: White, P. S., Mucina, L. y Leps, J. (eds.), *Vegetation science in retrospect and perspective*. Proceedings IAVS Symposium. Opulus press, Uppsala, pp. 51–54.

Camprodon, J. (2001). Tratamientos forestales y conservación de la fauna vertebrada, In: Camprodon, J. y Plana, E. (eds.), *Conservación de la biodiversidad y gestión forestal*, pp. 135-182. Edicions Universitat de Barcelona.

Carrascal, L. M. y J. L. Tellería (1990). Impacto de las repoblaciones de *Pinus radiata* sobre la avifauna forestal del Norte de España. *Ardeola*, 37(2): 247-266.

Carreras, C.; J. Sánchez; P. Reche; D. Herrero; A. Navarro y J. J. Navío (1997). Siembras profundas con ayuda de tubos protectores. Resultados de ensayos compartivos de siembras y plantaciones bajo condiciones áridas en Vélez-Rubio. I Congreso Forestal Hispano Luso, pp 123-128.

Godron, M. (1995). Paisajes mediterráneos sometidos a perturbación: consideraciones básicas, In: 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-Jover, F. y F. L. Jiménez (1997). Forestación en Tierras Agrícolas. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid. 383 pp.

González-Esteban, J.; I. Irizar; E. Castián y I. Villate (1997). Relación entre las características del hábitat y la diversidad de micromamíferos, la importancia del manejo forestal. III Jornadas Españolas de Conservación y Estudio de Mamíferos, pp 41. SECEM. Parc Natural dels Aiguamolls de l'Empordà. Castelló d'Empúries.

Helle, P. (1985). Effects of forest regeneration on the structure of bird communities in northern Finland. *Holarctic Ecol.*, 8: 120-132.

Instituto Geológico y Minero de España (I.G.M.E.) (1979). Memorias y mapas geológicos de España. Escala 1: 50.000. Hoja 993 (Benalúa de Guadix). Madrid.

Montoya, J. M. (1982). Efectos de la profundidad de siembra y del tamaño de la bellota en el poblado de *Quercus suber* L. An. INIA. Serie Forestal 6: 9-16.

Montoya, J. M. (1997). Técnicas de reforestación con encinas, alcornoques y otras especies de *Quercus* mediterráneos, In: Orozco, E. y J. A. Monreal, (eds.), *Forestación de Tierras Agrícolas*, pp 199-214. Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha. Cuenca.

Navarro, F. B. (2001). Estudio de la evolución de la vegetación natural bajo distintos tratamientos del suelo en la forestación de tierras agrarias. Memoria de Tesis Doctoral. Dpto. de Biología Vegetal. Universidad de Granada.

Navarro, F.B. (2002). Respuesta de la vegetación al abandono agrícola en ambiente mediterráneo semiárido. In: Barea, J.M. et al., (eds.), Biodiversidad y conservación de fauna y flora en ambientes mediterráneos, pp. 73-82. Sociedad Granatense de Historia Natural.

Navarro, R.; A. Martínez-Suárez; L. Álvarez y R. Alejano (1996). Forestación de tierras agrarias en Andalucía. Junta de Andalucía, Consejería de Agricultura y Pesca. Informaciones técnicas 44/96.

Pemán, J. y R. Navarro (1998). Repoblaciones forestales. EINES, 24. Universidad de Lleida. 399 pp.

Rosúa, J. L.; López de Hierro, L.; Martín, J. C.; Serrano, F. A. y Sánchez, A. (2001). Procedencias de las Especies Vegetales Autóctonas de Andalucía utilizadas en Restauración de la Cubierta Vegetal. Tomo I y II. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.

Serrada, R. (2000). Apuntes de repoblaciones forestales. Fundación Conde del Valle de Salazar. ETSI Forestal. Madrid. pp 435.

Vallauri, D. R.; Aronson, J. y Barbero, M. (2002). An Análisis of Forest Restoration 120 years after Reforestation on Badlands in the Southwestern Alps. Restoration Ecology, Vol. 10, nº 1, pp. 16-26.

Valle et al. (2002). Elaboración de nuevos modelos de restauración vegetal (inéd.). Junta de Andalucía, Universidad de Granada.

Valle, F. (1992). El matorral mediterráneo, In: Orozco, E. y López Serrano, F. R. (eds.), Selvicultura Mediterránea, pp 24-48. Colección Estudios. Escuela Universitaria Politécnica. Unidad Agro-Forestal. Albacete.

Vilagrosa, A.; J. P. Seva; A. Valdecantos; J. Cortina; J. A. Alloza; I. Serrasolsas; V. Diego; M. Abril, A. Ferran; J. Bellot y R. Vallejo (1996). Plantaciones para la restauración forestal en la comunidad valenciana, In: Vallejo, R. (ed.), La Restauración de la cubierta vegetal en la Comunidad Valenciana, pp. 435-538. Fundación Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo. Valencia.

Zamora, J.; J. Castro; J. M. Gómez; D. García; J. A. Hódar; L. Gómez y E. Baraza (2001). El papel de los matorrales en la regeneración forestal. Quercus 187: 41-47.

#### **5.4.6. AGRADECIMIENTOS**

Este trabajo se ha llevado a cabo por la concesión de una beca tipo B-1 adscrita al Proyecto de Investigación PIR 05-01-1: “*Forestación con especies de matorrales arbustivas en zonas semiáridas bajo distintos ambientes microclimáticos*”.

# Capítulo 6



## 6.1. CUIDADOS POSTERIORES A LAS FORESTACIONES Y TRABAJOS COMPLEMENTARIOS

Rafael Serrada Hierro

Departamento de Silvopascicultura. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Forestal. Universidad Politécnica de Madrid. Ciudad Universitaria s/n. 28040 Madrid. serrada@forestales.upm.es

### 6.1.1. CUIDADOS POSTERIORES DE LAS REPOBLACIONES.

Una vez realizada la siembra y el nacimiento de las plántulas o la plantación de la repoblación forestal, se puede considerar que está instalada en el monte una masa arbórea en clase de edad natural de diseminado o repoblado cuyo tratamiento corresponde a la Selvicultura, y así será en todo lo relativo a clareos, claras, desbroces y podas cuando alcance la edad de monte bravo. A esta cuestión nos referiremos en otro tema del presente Curso.

No obstante, hay una serie de operaciones de cuidado de la masa que tradicionalmente se han incorporado a las técnicas de repoblación y que incluso quedan incorporadas al proyecto de la misma. A ellas nos referiremos en el presente tema.

#### 6.1.1.1. Protección contra daños producidos por animales.

En algunas zonas de España y con especies como el pino carrasco o el pino rodeno las plantaciones sufren el ataque de los conejos. A las plantas en el monte, de uno o dos años, los conejos les muerden en el tallo principal, cortándoles la guía e inutilizándolas, aún sin comer nada de sus tejidos. Esta circunstancia ha provocado en algunos casos daños importantes. Tradicionalmente se ha empleado el procedimiento de cercar el monte repoblado con malla conejera de 60 cm de altura, aplicando después una caza intensa con hurón o cepos en la zona interior. En la actualidad y dadas las dos importantes enfermedades que sufren los conejos, los daños son escasos en cuanto a superficie, pero a veces y de forma muy localizada pueden ser inconvenientes.

La protección contra ganado doméstico y caza mayor se realiza mediante cercados de tamaño suficiente, que rodean el rodal repoblado y cuyas características se explican en posterior epígrafe.

Para los fines de protección individual, eficaces frente a conejos, se fabrican en la actualidad protectores individuales de plantas de los que hay dos modelos básicos. Uno de ellos es una malla de plástico de forma cilíndrica, que se coloca alrededor de la planta con la ayuda de una o dos cañas o palos clavados en el suelo. Son recuperables una vez superada la edad de peligro. Presenta este tipo de protector dos alternativas de material de construcción: malla flexible, con alturas de hasta 60 cm y coste más barato; malla rígida, que no necesita tutor para la instalación, y que según indican los fabricantes contribuyen a la condensación de nieblas en el entorno de la planta. Los efectos de los protectores de malla son: la protección frente a la predación o ramoneo; una ligera reducción de la luminosidad; y, en su caso, un aporte de agua por condensación. No introducen modificaciones en el porte de las plantas y deben ser retirados en el momento en que se supera el riesgo de predación.

El otro modelo se construye en plancha de plástico rígido, con forma cilíndrica o prismática, que se ancla al suelo con la ayuda de una vara metálica o un palo. También reciben el nombre de tubos invernadero. En climas cálidos deben ir perforadas para evitar un excesivo calentamiento del aire alrededor de la planta. Introducen una modificación de la forma de la parte aérea de la planta, haciéndola más esbelta y parece ser que aumenta el desarrollo longitudinal en las primeras edades. Los fabricantes comentan la posible ventaja de reducir la transpiración de la planta al protegerla de los vientos y al crear una atmósfera más saturada alrededor, a la vez que se reduce la evaporación del agua del suelo en las zonas cercanas al cuello de la raíz, lo que redundaría en un crecimiento global mayor y en un menor número de marras. Estos extremos están pendientes de comprobación por experimentación en diferentes climas y con distintas especies, así como el efecto futuro de la modificación morfológica. Los protectores son recuperables, lo que puede ayudar a amortizar su alto costo. La parte superior del tubo debe estar conformada de modo que se eviten daños por abrasión sobre el tallo, una vez superada la altura del mismo.

Indicadas las características y detalles de instalación de los tubos invernadero, se resumen a continuación las ventajas e inconvenientes de su empleo.

Las ventajas de los tubos invernadero son:

- protección eficiente, mientras no supera la altura de la planta a la del tubo, frente a la predación por herbívoros.
- creación de un microclima tal que: aumenta la duración del período vegetativo por calentamiento; mantiene una atmósfera con mayor humedad relativa; disminución de la velocidad del viento y de la evaporación; reducción de las radiaciones de onda corta, produciendo todo ello una mayor probabilidad de arraigo o reducción del número de marras en condiciones de extremado estrés hídrico.
- aumento relativo, frente a plantas sin tubo, del crecimiento longitudinal en las primeras edades.

Los inconvenientes de los tubos invernadero son:

- elevado coste, de modo que su instalación puede duplicar el presupuesto de ejecución de la repoblación. Su empleo puede conducir a utilizar las densidades mínimas de plantación que marcan las normas administrativas.
- exceso de calentamiento de la planta dentro del tubo, con incremento de las temperaturas interiores del orden de hasta 15°C en algunos modelos, lo que puede suponer, si se superan los 50°C en el interior, causa de muerte de las plantas.
- inducción de deformaciones o desequilibrios morfológicos sobre las plantas protegidas. Se produce un exceso de esbeltez que puede desembocar en que cuando se retira el protector al cabo de cuatro o cinco años, el tallo no tenga resistencia suficiente y tienda a doblarse. Por otra parte, la proporción entre biomasa radical y aérea puede no ser la adecuada para resistir las nuevas condiciones microclimáticas tras la retirada del protector.

- cuando se han ensayado los tubos invernadero con planta de máxima calidad y en años climáticamente normales, no se han producido diferencias en el número de marras por el hecho de instalar protectores.
- el microclima peculiar dentro del tubo favorece la presencia de insectos en su interior. Las aves insectívoras entran en los tubos y su forma les impide salir, provocando la muerte de numerosos ejemplares. También es frecuente la aparición de avisperos dentro de los tubos, con el riesgo que se deriva para los operarios.
- en algunos casos, la presencia del tubo favorece especialmente a herbáceas y leñosas adventicias que se desarrollan con profusión dentro del protector compitiendo con la planta principal, lo que obliga a escardas individuales de alto costo.

La decisión de instalar tubos invernadero se debe tomar tras un análisis detallado de las condiciones estacionales, del coste en relación con la densidad de plantación y de la superficie a repoblar, y de la morfología juvenil y crecimiento de la especie principal.

#### 6.1.1.2. Reposición de marras

Esta operación consiste en la sustitución de plantas muertas en los años inmediatos a la plantación. No se considera la mortalidad natural que pueda sobrevenir en años posteriores.

El *proceso operativo* será siempre manual aunque la plantación original se haya hecho mecanizada o simultánea a la preparación del suelo y se ejecutará en época similar a la de la plantación o siembra.

El proyecto de repoblación forestal debe contener en todo caso las **directrices** para proceder a la reposición de marras, siendo las directrices fundamentales las siguientes:

- **Porcentaje admisible** de marras, que será función de la densidad inicial de plantación y del objetivo de la repoblación. El porcentaje no se aplica, lógicamente, al conjunto del monte repoblado, sino por rodales o partes de rodal evaluados independientemente. La fijación de este porcentaje lo debe hacer cada proyectista en función de las circunstancias de cada proyecto, su *objetivo preferente* y de las posibles *desviaciones entre la densidad inicial o deseable y la que finalmente se ha ejecutado*. Sin embargo y como orientación, en función de la densidad final, se pueden tomar estas cifras:

| <i>Densidad final</i> | <i>Porcentaje admisible</i> |
|-----------------------|-----------------------------|
| 400 a 1.000 pies/ha   | menor de 5%                 |
| 1.000 a 2.000 pies/ha | menor de 10%                |
| 2.000 a 2.500 pies/ha | 15%                         |
| más de 2.500 pies/ha  | 20%                         |

En caso de repoblaciones mixtas, se indicará el porcentaje admisible de marras por especies, que no tienen por que ser necesariamente iguales.

La normativa administrativa viene a plantear un porcentaje admisible de marras, a efectos de mantener el pago de las primas compensatorias del 20%, independientemente de

la densidad inicial, que, como se ha comentado, se fija a través valores mínimos ciertamente bajos, según mi opinión.

- **Edad admisible** para la reposición de marras, a limitar puesto que si se supera dicha edad, las nuevas plantas serán pies dominados a lo largo de toda su existencia y deberán ser extraídos con las primeras claras. Depende del crecimiento de la especie repoblada, así, con especies de crecimiento lento que son la mayoría de las autóctonas, las marras se pueden reponer hasta el tercer o cuarto año de la plantación como máximo. Con especies de crecimiento rápido, las marras se deben reponer al año siguiente de la plantación. En choperas productivas se suele descartar la reposición de marras, pues el desarrollo de los pies colindantes convierten al introducido en un pie dominado sin posibilidad de recuperación.

Una peculiaridad en este sentido presentan las especies del género *Quercus*. Se observa frecuentemente al poco de la plantación que la parte aérea ha muerto en algunos ejemplares, lo que debe ser contabilizado en principio como marras. Sin embargo, es frecuente que no haya muerto la cepa, de modo que en años posteriores se produce una brotación.

Esta posibilidad aconseja que la reposición de marras se realice en postura diferente a la de la plantación inicial, sin extracción de la planta muerta. Igual forma de operar se debe aplicar con especies no brotadoras, para evitar que si la causa de la marra fue una mala condición edáfica, se vuelva a repetir el riesgo.

- **Evaluación de las marras.** La evaluación del porcentaje de marras se hace:
  - dividiendo el monte repoblado en rodales.
  - fijando una intensidad de muestreo sistemático por parcelas, una parcela de 100 m<sup>2</sup> por cada hectárea repoblada o marco de muestreo de 100x100 m, en las que se cuentan todos los pies y se da como valor de cada rodal, o parte de rodal, la media de las parcelas inventariadas.
  - para controlar la calidad de ejecución de la plantación por parte del contratista y poder determinar su responsabilidad en las marras habidas, y por tanto su obligación de reponerlas, se replantean a priori unas parcelas de contraste en cada rodal, de superficie cercana a la hectárea, que son plantadas bajo el control directo del contratante y que en el proceso de evaluación son inventariadas totalmente para comparar porcentajes. La densidad de parcelas de contraste es del orden de una por cada 20 ha repobladas o fracción. Las desviaciones admisibles entre porcentaje de marras en el rodal y porcentaje de marras en parcelas de contraste se expresan en el pliego de condiciones.
  - la época adecuada para realizar la evaluación de marras, de cara a comprobar responsabilidades por parte del contratista, es el mes de julio siguiente a la plantación. Se trata de evitar que una anormal sequía estival dé valores inadmisibles que no puedan ser imputados a una mala ejecución.
  - en el inventario de las marras es aconsejable contabilizar *separadamente*: las plantas muertas en las que no se observa crecimiento longitudinal, para las que la causa más probable de la muerte puede ser una mala calidad o estado de la planta antes de la

plantación o una mala ejecución de la plantación; las plantas muertas en las que se observa un crecimiento longitudinal de primavera, para las que se puede descartar como causas de la muerte las apuntadas para el tipo de planta anterior.

### 6.1.1.3. Binas, escardas y rozas de matorral

Estas operaciones no son necesarias en caso de que el desarrollo de la vegetación accesoria sea lento después de la repoblación, como serán los rodales de estaciones con suelo y clima desfavorables o de desbroces y preparaciones del suelo intensas y duraderas. Sin embargo en algunos casos especiales y a los pocos años de la repoblación se pueden producir situaciones que comprometan la vida o el crecimiento de las plantas instaladas, bien por *competencia*, bien por *riesgo de incendios*.

a).- En estaciones con primaveras lluviosas y veranos muy secos se puede desarrollar un herbazal de anuales que entre en competencia hídrica con la repoblación y aumente el peligro de incendios. Para evitar estos riesgos y para reducir la evaporación del agua del suelo se aplican **binas o gradeos** sobre las calles formadas por las filas de plantación en algunos casos. Las pendientes serán menores del 20% y están limitadas por afloramientos rocosos y alta pedregosidad.

Este es un caso que puede resultar frecuente en Andalucía y tratándose de forestaciones en tierras agrarias como las referidas en las normas administrativas.

b).- Bajo climas húmedos, sin período apreciable de sequía, cuando la preparación del suelo no ha sido muy intensa, se produce un gran desarrollo del tapiz de herbáceas vivaces, que hasta el desarrollo en profundidad del sistema radical de las plantas introducidas, entran en competencia por los nutrientes del suelo. Para evitar este efecto se aplican **escardas** que se pueden ejecutar de las siguientes maneras:

- manualmente cavando con azada alrededor de cada planta, como ha sido tradicional, operación también conocida como cava.
- aplicando herbicidas selectivos con aparatos de mochila o de ultra-bajo-volumen, como se hace en el Reino Unido y otros países de clima parecido, o con equipos montados sobre tractores. El aumento de repoblaciones forestales sobre cultivos agrícolas en España, derivado de la aplicación del RD 378/93 cuya continuidad se encuentra en el RD 6/2001, ha dado lugar a ampliar experiencias sobre la aplicación de herbicidas en repoblaciones forestales. Se puede ampliar información en este sentido en los siguientes textos: Pemán y Navarro (1998); Ortega *et al.*, (1999); Sixto *et al.*, (1999).
- evitando el desarrollo de las herbáceas colocando placas de plástico negro o de otro material, también opaco y biodegradable, y mejor permeable al agua y al aire, alrededor de la planta, como hemos observado en Francia. La colocación, tras la plantación, de estos mulches o cubiertas protectoras, puede tener, además de evitar el desarrollo de plantas adventicias, las siguientes funciones: reducir la evaporación del agua del suelo; aumentar la temperatura del suelo en la cercanía a la planta; servir de refugio a roedores que puedan dañar las plantas. Fue una práctica antigua en las repoblaciones españolas colocar tres piedras alrededor de cada planta, cuidando que no tocaran el tallo, para reducir competencia de otras especies y la evaporación.

c).- En otros casos, en correspondencia con climas húmedos en general y cuando por cualquier motivo se ha aplicado un desbroce por roza a un matorral brotador, se produce un extremado crecimiento del matorral que compite por el agua, los nutrientes y sobre todo por la luz con las pequeñas plantas instaladas. Se procede, por tanto, a los desbroces por roza para reducir esta competencia. Se hacen por fajas entre las filas de la plantación o puntuales alrededor de cada planta, por los siguientes procedimientos: manualmente con motodesbrozadoras; mecanizadamente con desbrozadoras de cade-nas; mecanizadamente por roza al aire; y más recientemente se construyen equipos que consisten en un disco desbrozador montado sobre un brazo hidráulico movido por un tractor.

#### 6.1.1.4. Riegos

Este cuidado únicamente se aplica, de forma permanente, en choperas con plantación a profundidad normal y en algunas repoblaciones ornamentales. El objetivo, aparte de conseguir un mayor desarrollo en las primeras edades y asegurar un bajo porcentaje de marras, es mantener la masa y un máximo crecimiento. Otro tipo de repoblaciones de esta naturaleza intensiva pueden ser fresnedas y nogueras.

El riego en estos casos se realiza a manta o por el pie, para lo cual antes de proceder a la plantación deben quedar replanteadas y ejecutadas las acequias y mecanismos de distribución de agua, así como las nivelaciones necesarias. Se suele aplicar únicamente en terrenos llanos.

El riego pie a pie, con cisternas y haciendo alcorques en cada árbol, tiene como objetivo reducir las marras. Sólo es lógico aplicarlos en plantaciones de baja densidad, sobre terrenos de fácil accesibilidad a tractores con remolque y para plantas que tienen una parte aérea excesivamente grande para un sistema radical reducido. Estos riegos pie a pie con cisterna pueden tener una doble intención: riegos de *establecimiento* y riegos de *mantenimiento*.

El riego de establecimiento se aplica inmediatamente a la plantación o en el mes siguiente y su objetivo es favorecer la adherencia de las raíces a la tierra, a la vez que se compensan posibles deficiencias de tempero en el suelo en el momento de la plantación o poder ampliar la campaña de plantación.

El riego de mantenimiento tiene como objetivo aumentar la supervivencia a lo largo del primer verano, reduciendo la sequía estival periódicamente o, mejor, acortando su duración. Se aplican dosis de 20 a 40 litros por planta, que no superan la ETP de un mes veraniego. No resulta conveniente interrumpir, en plena canícula, la paralización vegetativa por sequía mediante un riego extemporáneo intermedio. Es más correcto, mantener la humedad dentro de los meses de junio y julio con un par de riegos convenientemente espaciados, para que la duración de la sequía resulte más corta aunque no se reduzca su intensidad máxima.

La aplicación de tres riegos puede suponer un coste equivalente al de la propia repoblación. La masa deberá persistir en el futuro por la correcta adaptación estacional de la especie y procedencia al lugar repoblado. La generosa financiación de las actuaciones derivadas del RD 152/96 y su continuador RD 6/2001, y la frecuencia de repoblaciones sobre rodales de pequeño tamaño y pendiente reducida, han divulgado recientemente esta práctica en España.

### 6.1.1.5. Recalce o aporcado

En algunos casos en que el viento azota con frecuencia e intensidad, el movimiento oscilatorio del tallo de la planta introducida presionando sobre un terreno recientemente movido, provoca un hueco en forma de cono invertido alrededor del cuello de la raíz. Esto resulta inconveniente por producirse desecaciones más intensas del suelo en la zona cercana al sistema radical y sobre todo por los daños que la insolación y el calentamiento provoca en el cuello de la raíz.

Se resuelve aportando tierra manualmente con azada sobre la zona afectada, llamándose la operación recalce o aporcado.

### 6.1.1.6. Podas

Se refiere este epígrafe únicamente a las que podemos llamar podas de *guiado* o podas *precoces*, y no a las de mejora de calidad de madera, aumento de producción de fruto o de reducción de riesgo de incendio, que se aplican cuando la masa supera la edad de monte bravo y que se estudian en Selvicultura.

Las podas de guiado se aplican en choperas artificiales y tienen por objeto favorecer la dominancia apical de un solo tallo principal, se ejecutan a partir del año siguiente a la plantación y consisten en la supresión de guías dobles y en cortar la punta de ramas laterales de gran desarrollo próximas a la guía principal.

Otro tipo de poda de guiado o poda precoz se aplica en nuestro país sobre repoblaciones de tres a seis años de pino carrasco, pino piñonero y pino salgareño. En estas especies y en edades jóvenes es frecuente que un desarrollo excesivo de ramas laterales reduzca la dominancia apical de la guía principal. Este inconveniente se corrige cortando con tijera los dos verticilos inferiores de la planta en una poda muy cuidadosa cuando tiene entre tres y seis años. Es importante apurar bien la poda en lo que se refiere a ramas basales, cuya inserción queda a veces oculta por la tierra, pues estas ramas rastreras actuarán en el futuro como una especie de parásito por desarrollarse en sombra permanente.

Finalmente, otro caso de necesidad de poda precoz se presenta en plantaciones de especies del género *Quercus*, especialmente alcornoque, cuando al cabo de un par de años la esbeltez del tallo principal es tan grande que se dobla de forma natural. Este problema se ha venido resolviendo en la práctica mediante dos procedimientos: cortar el tallo principal a la mitad o a un tercio de su altura; cortar el tallo principal por la base, esta operación se denomina estoñar en Extremadura. En ambos casos se induce una nueva brotación de cepa con tallos más robustos y viables. En el primer caso, la brotación desde tallo ha dado lugar a fustes definitivos con una marcada curvatura en la base.

### 6.1.1.7. Injertos

Esta labor complementaria se aplica únicamente sobre repoblaciones de 4 a 8 años de pino piñonero, también se ha ensayado con éxito sobre patrón de pino carrasco, que son patrón de púas de la pino piñonero y de edad suficiente para producir flores femeninas, procedentes de individuos seleccionados para producción de piña. Se reduce el plazo de

Los resultados que se obtengan tienen como finalidad conocer y evaluar la eficacia real de las binas, de los mulches, de los protectores y de los riegos, sobre la forestación de tierras agrarias en las zonas semiáridas, donde el agua es el elemento decisivo para el éxito de cualquier forestación. En los climas semiáridos, cualquier técnica de forestación o cualquier cuidado cultural que se practique debe tener como objetivo de obligado cumplimiento el aprovechar el agua que recibe directamente el suelo reduciendo su pérdida por evapotranspiración y el riego solamente debe darse como recurso excepcional en determinadas situaciones.

## 6.2.2. JUSTIFICACIÓN E INTERES DEL PROYECTO

La forestación de tierras agrarias en climas semiáridos tiene un periodo crítico en su fase de establecimiento, debido al estrés que supone para la planta su adaptación al nuevo medio, que en periodos de sequía puede producir un alto índice de marras por la falta de humedad en el suelo.

En las repoblaciones forestales de estas zonas semiáridas suelen dar muy buenos resultados las binas que se realizan para romper la porosidad del suelo y mantener la humedad después de las lluvias de primavera, cuando el factor limitante para el desarrollo de la vegetación es el agua.

En las forestaciones, esta práctica cultural puede prolongar el periodo de actividad vegetativa conservando la humedad al final de las lluvias de primavera, o bien para acortar el periodo de sequía, conservando la humedad que generan las intensas lluvias del otoño, antes de que se produzcan las bajas temperaturas del invierno, aprovechando las temperaturas suaves del otoño.

Esta práctica de conservar la humedad del suelo por procedimientos mecánicos o por cobertura, se complementa, en este proyecto, con riegos de establecimiento para proporcionar, en determinadas situaciones, a la repoblación el agua necesaria para asegurar su establecimiento.

En los años siguientes a la plantación, suele ser necesario ayudar a mejorar las condiciones hídricas de las plantas reduciendo las pérdidas de agua en el suelo mediante un laboreo o bina (Peman, 1998 a)

Por esta razón y por que los cuidados culturales posteriores a las forestaciones, son prácticas usuales, se ha planteado este proyecto que se basa en la mejora de las condiciones hídricas de las plantas de encina (*Quercus rotundifolia*) instaladas en la forestación de una zona seca-semiárida, situada en el altiplano entre Baza y Guadix, en la provincia de Granada, al pie de Sierra de Baza, y donde la encina tiene el límite de su distribución natural en formaciones adhesadas.

La zona es representativa de una extensa comarca agraria que se extiende por Granada, Jaén y Almería, donde se están haciendo una buena parte de las forestaciones de estas provincias y donde la integración del uso forestal y ganadero del territorio, constituye la alternativa natural para la agricultura de estas tierras marginales.

Con el proyecto se pretende ensayar técnicas de forestación que puedan reducir las pérdidas de agua del suelo por evaporación, mediante binas y mulches instalados alrededor de las plantas repobladas, y comparar los resultados de estos tratamientos con un testigo.

Pero las plantas introducidas por forestación, sólo van a poder arraigar y desarrollarse cuando exista suficiente humedad en el suelo, por lo que las especiales características climáticas de los ambientes secos-semiáridos puede hacer necesario dar riegos de establecimiento en las tierras agrarias, donde la forestación esté integrada en una explotación agraria, donde puede ser viable abordar riegos en parcelas de tipo medio a un coste razonable (Navarro Cerrillo, 1996)

En el proyecto se propone en primer lugar, conservar la humedad del suelo, el mayor tiempo posible, para que pueda ser utilizada por la repoblación, mediante binas alrededor de cada planta repoblada ( $1 \text{ m}^2$ ), y mediante coberturas de diversos materiales, que permitan comparar los beneficios que reporta a la repoblación cada tratamiento, en cuanto a la conservación de la humedad, en la zona donde se desarrollan las raíces, y la respuesta de la planta ante el aumento de humedad reflejada en su crecimiento y estado general.

En segundo lugar se pretende conocer los efectos y los beneficios de los riegos de establecimiento en distintos periodos biológicos de la repoblación, dando riegos en diferentes periodos del crecimiento vegetativo de la forestación.

En tercer lugar se pretende conocer los efectos y los beneficios de los protectores convencionales, tipo *TUBEX*, frente a los protectores mixtos patentados por este equipo de investigación.

El régimen de precipitaciones de las zonas mediterráneas secas-semiáridas hace que las lluvias tengan una distribución muy irregular, y que sean frecuentes los episodios torrenciales y los prolongados periodos de sequía, que dificultan el establecimiento y el desarrollo de una cubierta vegetal protectora, al impedir el mantenimiento de una reserva de agua adecuada la mayor parte del año (Rubio, 1987)

Los cuidados culturales que se ensayan en este proyecto tratan precisamente de fomentar el mantenimiento y la conservación de la reserva de agua en el suelo después de las lluvias, mediante el laboreo ligero de la capa superficial del suelo (binas), y mediante la aportación de mulches de residuos orgánicos.

Con estos cuidados culturales se pretende reducir los efectos de la fuerte evapotranspiración que se produce después de las lluvias y que hacen que la repoblación pueda tener problemas de estrés hídrico y ver reducida su capacidad para instalarse en los terrenos desprovistos de vegetación como son las tierras agrarias (De Simón, 1977)

En estos terrenos agrarios, el suelo recibe una fuerte insolación por la ausencia de vegetación forestal y por estar situados en sitios abiertos a todos los vientos y de topografías suaves, que aumentan los efectos de la evapotranspiración, que se pueden reducir con las binas y las coberturas parciales que producen los mulches.

En las zonas secas-semiáridas uno de los objetivos de la preparación del suelo es aumentar la capacidad de infiltración y de retención de agua y mejorar la estructura edáfica favoreciendo el desarrollo de las raíces en un terreno más profundo, suelto y aireado (González Alonso *et al.*, 1989; Serrada, 1990)

En suelos evolucionados y profundos, la preparación del suelo ha de realizarse de forma que altere lo menos posible sus propiedades, puesto que si se provoca la inversión o mezcla de sus horizontes, se produce un rejuvenecimiento de su perfil, lo que supone un paso atrás en su evolución, sin obtener ningún beneficio de ello (García Abril, 1989). Por esta razón en estos terrenos que tienen un suelo relativamente bien conservado por ser terrenos llanos, la preparación del suelo se ha hecho con una retroexcavadora que remueve el terreno sin alterar sus horizontes, aunque se puedan producir mezclas parciales en el perímetro del ahoyado.

El mullido del suelo que produce la preparación del suelo, y en este caso el ahoyado que aumenta la capacidad de infiltración y de retención de agua, puede verse neutralizado en la superficie del suelo por el efecto de las lluvias intensas. En estos casos es muy conveniente remover, en los dos o tres primeros años de la repoblación, la superficie del suelo con un laboreo ligero (bina) que remueve sin voltear el horizonte superficial del suelo.

El contenido del Proyecto está entre las líneas preferentes de investigación por la que se establecen los criterios para la financiación de proyectos de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico, a iniciar en el año 2001, en el marco de la Acción Recursos y Tecnologías Agrarias del Programa Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica, 00/03.

Las líneas prioritarias preferentes en que se encuadra el proyecto son:

**Línea nº 5.** Selvicultura, Forestación, Aprovechamientos y Productos Forestales.

#### 5.2. Técnicas de preparación del terreno y plantación.

El proyecto se encuadra en la línea prioritaria nº 5, ya que se trata de mejorar las técnicas de forestación en lo referente a los cuidados culturales, que se deben realizar cuando la forestación necesita del apoyo de la técnica forestal para instalarse en terrenos agrícolas, lo que supone una transformación de un sistema agrícola en un ecosistema forestal (E. de Simón, 1999).

**Línea nº 4.** Manejo y conservación de los recursos de agua y suelo.

#### 4.2. Desarrollo de sistemas de producción silvo-pastorales que favorezcan la implantación, mantenimiento y mejora de la biodiversidad de la cubierta vegetal.

El proyecto se encuadra en esta línea de investigación ya que la forestación con la encina, que es especie principal en las series de la vegetación mediterránea, es la mejor forma de mejorar la diversidad biológica de la vegetación.

El establecimiento de plantaciones forestales siempre requiere de algún nivel de cuidados culturales con el fin de asegurar una supervivencia adecuada y un crecimiento acorde a los objetivos establecidos (Navarro y Martínez, 1996).

Tradicionalmente, esta serie de operaciones de cuidados de la masa repoblada se han incorporado a las técnicas de repoblación quedando incorporadas al proyecto de la misma.

Sin embargo, son escasas las referencias existentes en cuanto a la influencia en la supervivencia y buen desarrollo de las plantaciones de los cuidados culturales aplicados en trabajos de forestación de tierras agrarias. No obstante, son muchos los aspectos generalizables al caso de forestaciones agrarias en este aspecto, pero las condiciones ambientales que presentan este tipo de terrenos marginales (escaso potencial biológico del suelo, suelos erosionados, desestructurados, pobres en nutrientes y sin cubierta vegetal protectora) requiere disponer de información contrastada acerca de la efectividad de los distintos tratamientos culturales para la forestación de estas tierras.

La vegetación espontánea es una gran consumidora de agua y nutrientes, por lo que compite con las plantas establecidas. En el caso de las repoblaciones en tierras agrícolas las malezas suelen ser altamente competitivas y, de hecho, suelen ser las primeras responsables de las pérdidas de plantas con el consiguiente gasto en reposición de marras o el deficiente estado vegetativo de las que sobreviven (Lambert *et al.*, 1972; Sutton, 1995); por ello, el adecuado control de la vegetación, tanto herbácea como leñosa, es la clave del éxito de las repoblaciones forestales en terrenos agrícolas (William, 1992). Este hecho hace necesario reducir al mínimo la competencia entre las malezas y las plantas repobladas creando así un entorno adecuado para favorecer la biodiversidad y el equilibrio ecológico (Navarro y Guzman, 1997)

En este sentido, el uso de cubiertas (mulch) de residuos vegetales ha sido ensayado ampliamente como técnica de conservación de suelos (Mannering & Meyer, 1963; Meyer *et al.*, 1970; Lal, 1975; Singer y Blackard, 1978; Smith *et al.*, 1992) dando como resultado que la aplicación de mulch se muestra bastante efectiva en la reducción de la pérdida de humedad del suelo. Sin embargo, son escasos los estudios sobre la aplicación de mulch como sistema de control de malezas en la plantación y su influencia en la reducción de la evapotranspiración del suelo (Bautista *et al.*, 1996; Albeza *et al.*, 1999)

Por otra parte, fue práctica antigua en las repoblaciones españolas colocar tres piedras alrededor de cada planta, cuidando que no tocaran el tallo, para reducir competencia con otras especies y la evaporación (Serrada, 2000)

En cuanto a la aplicación de riegos de establecimiento o mantenimiento, los trabajos anteriores han demostrado que estos pueden incrementar substancialmente la supervivencia de la forestación, no obstante, no existen muchos datos sobre cual es la respuesta fisiológica de la planta (Clements, 1970; Holstener-Jorgensen y Holmsgraad, 1993; Salleo & Lo Gullo, 1993). La generosa financiación de las actuaciones derivadas del Real Decreto 156/96 y la frecuencia de repoblación sobre rodales de pequeño

tamaño y pendiente reducida, han divulgado esta práctica (riego de plantaciones forestales) en España (Serrada, 2000)

### 6.2.3. METODOLOGÍA

#### Introducción

Con este proyecto se pretende comprobar la eficacia de los distintos tratamientos culturales usados más comúnmente en la forestación de tierras agrarias, como son:

- las **binas**, para eliminar la competencia con otras especies vegetales en el contorno de la banqueta de plantación, así como para mantener la humedad del suelo.

En el diseño experimental se prevé realizar una bina única en una de las parcelas y en otra parcela realizarla anualmente, en primavera y en otoño.

- Colocación de **mulches**, ya sea a través de coberturas orgánicas (residuos forestales y residuos sólidos urbanos) o como tradicionalmente se ha hecho con piedras que ocupen toda la banqueta, para favorecer la retención de la humedad del suelo.
- Distintos tipos de **riegos** en fechas distintas para comprobar su eficacia tal y como se esquematiza a continuación:

- 1) Riego estival continuo: se trata de regar las plantas periódicamente, cada 15 días aproximadamente, para eliminar los efectos de la sequía estival.
- 2) Riego de prolongación del período vegetativo: está previsto realizarlo a comienzos de verano, normalmente coincide con el mes de junio, con lo cual se pretende alargar el período vegetativo de crecimiento y aumentar las reservas de las plantas forestadas.
- 3) Riego en período de máximo estrés hídrico: diversos autores apuntan que este tipo de riego en pleno verano resulta perjudicial para la planta puesto que trastorna su mecanismo fisiológico de adaptación a la xericidad provocando estrés hídrico hasta su muerte.
- 4) Riego para acortar el período de sequía: con este riego se pretende acortar el período de xericidad estival.

- Utilización de distintos tipos de **protectores** para comprobar su eficacia.

#### Zona de actuación

El proyecto se ha llevado a cabo en una finca propiedad de la Consejería de Medio Ambiente situada en el Cortijo Becerra (Guadix, Granada) a una altitud de 1.000 metros (Servicio Cartográfico del Ejército).

La zona es muy homogénea, prácticamente llana y su vocación ha sido agrícola (cultivo de cereal) hasta su adquisición por la Administración hace pocos años (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 1980).

Desde el punto de vista climático el territorio se engloba dentro del termotipo mesomediterráneo de ombrotipo semiárido superior. Se trata de una zona climatológica extrapolable a todo el conjunto del norte y noreste de la provincia de Granada (Rivas Martínez, 1996), en la comarca de Guadix-Baza, donde se están llevando a cabo el grueso de las forestaciones de tierras agrarias en nuestra provincia.

La vegetación potencial del territorio es un encinar perteneciente a la serie mesomediterránea bética basófila de la encina (*Paeonio coriaceae-Querceto rotundifoliae S.*) tal y como viene cartografiado en la obra de Rivas Martínez (1987). Su degradación ha sido casi completa quedando tan solo antiguos pies de encinas entre los terrenos de labor, y espartales y romerales en los terrenos marginales.

### Diseño experimental

El experimento consta de 12 parcelas de 40 x 25 m (1.000 m<sup>2</sup>) donde se plantaron 60 encinas (*Quercus rotundifolia*). La densidad de plantación corresponde a 600 plantas/Ha superando la densidad mínima exigida por el Decreto de Forestación de Tierras Agrarias (152/96).

La plantación se realizó en Marzo 2001; la preparación del terreno se realizó con retroexcavadora de cazo grande; la planta de *Quercus rotundifolia* utilizada reunía los requisitos de calidad exigibles para esta especie según los criterios establecidos por Navarro. 1998)

En cada parcela se instalaron en Junio 2001 sensores de humedad *Watermark* a tres profundidades, 20, 40 y 70 cm, para evaluar el gradiente de humedad del perfil del suelo a lo largo del tiempo en cada tratamiento.

En cada una de las parcelas se realizan los siguientes tratamientos:

- ❖ Parcela nº 1 (P1):  
Binas durante el primer año. Se ha realizado una bina en primavera y otra en otoño de 2001 y no se realizarán más.
- ❖ Parcela nº 2 (P2):  
Binas durante los tres años de duración del proyecto; en esta parcela se han realizado binas en primavera y en otoño de 2001 estando previsto seguir con esta periodicidad durante los años 2002 y 2003.
- ❖ Parcela nº 3 (P3):  
Colocación de coberturas orgánicas en la banqueta de plantación formadas por residuos forestales.
- ❖ Parcela nº 4 (P4):  
Colocación de tres piedras grandes en la banqueta de plantación, alrededor de la planta.

- ❖ Parcela nº 5 (P5):  
Riegos de prolongación del periodo vegetativo que se están realizando en los primeros días de la segunda quincena de Julio de cada año.
- ❖ Parcela nº 6 (P6):  
Riegos en periodos de máximo estrés hídrico que se están realizando en los primeros días del mes de agosto.
- ❖ Parcela nº 7 (P7):  
Riegos para acortar el periodo de sequía realizados en la segunda quincena del mes de septiembre, antes del inicio de las lluvias de otoño.
- ❖ Parcela nº 8 (P8):  
Riego estival continuo realizado quincenalmente desde los primeros días de Julio hasta los últimos de septiembre.
- ❖ Parcela nº 9 (P9):  
Parcela testigo en la que no se realizará ningún tratamiento.
- ❖ Parcela nº 10 (P10):  
Colocación en la banqueta de plantación de residuos sólidos urbanos procedentes de la planta de tratamiento de residuos sólidos urbanos de Alhendín (Granada)
- ❖ Parcela nº 11 (P11):  
Colocación de tubos protectores, *TUBEX*, de doble capa de polipropileno.
- ❖ Parcela nº 12 (P12):  
Colocación de tubos protectores modificados, en los cuales se ha combinado el polipropileno con una estructura metálica.

Las actividades realizadas durante el año 2001 y 2002 han sido:

- Medidas de altura, diámetro y supervivencia de cada planta en Abril, Julio y Octubre 2001 y 2002.
- Medidas de Superficie foliar en Julio y Octubre 2001 y 2002. En la campaña de Julio se midió la superficie foliar de todos los tratamientos y en la de Octubre solo de aquellos en los que durante el verano se hizo alguna actuación además de la parcela testigo.
- Medida de la actividad fotosintética en las plantas de la parcela testigo, en las protegidas por protectores convencionales y mixtos, en las que se regaron continuamente durante el periodo de sequía y en las que se regaron para acortar el periodo de sequía; esta medición se realizó en Septiembre 2001 y 2002.
- Medidas semanales de la humedad del suelo en cada parcela a 20, 40 y 70 cm de profundidad.

- Mensualmente se recogen los datos climáticos de la Estación Meteorológica instalada en la zona de estudio.
- Binas
  1. Parcela 1: se realizó una bina en primavera y otra en otoño de 2001. Estas binas no han vuelto a repetirse.
  2. Parcela 2: se realizó una bina en primavera y otra en otoño, repitiéndose estos tratamientos en años sucesivos.
- Riegos: en cada banqueta de plantación se depositaron 50 litros de agua.
  1. Parcela 5: se regó en la segunda quincena de Junio para alargar el período vegetativo.
  2. Parcela 8: con periodicidad quincenal y a partir de la segunda quincena de Junio se ha regado ésta parcela hasta mediados de Septiembre que comenzó a llover.
  3. Parcela 6: se regó en la primera quincena de Agosto coincidiendo con el período de máximo estrés hídrico.
  4. Parcela 7: se regó la primera quincena de Septiembre para acortar el período de sequía.

#### 6.2.4. RESULTADOS

Los resultados parciales obtenidos en los años 2001 y 2002 en relación a los distintos parámetros estudiados son los siguientes:

##### Crecimiento

Los incrementos en altura desde la plantación hasta Octubre 02 se reflejan en el **Gráfico 1** y en el **Gráfico 2** aparecen los incrementos en diámetro. En las alturas se observan dos grupos bien diferenciados: incrementos superiores a 10 cm en las parcelas 8, 11 y 12 e incrementos inferiores a 8 cm en el resto de las parcelas. En los diámetros se observan igualmente dos grupos aunque la diferencia no es tan evidente: incrementos inferiores a 2 mm en las parcelas 3, 5, 7 y 11 e incrementos superiores a 2 mm en el resto.

El índice de esbeltez (**Gráfico 3**) es un atributo morfológico adimensional que relaciona numéricamente la altura y el diámetro y se usa en el control de calidad de plantas forestales de forma que si está dentro del rango definido por el Protocolo de Calidad de planta forestal ( $4,15 \pm 1,34$  para la encina) propuesto por Navarro (1989) se acepta que la relación altura/diámetro es buena; en caso contrario, el crecimiento de la parte aérea de la planta está descompensado y puede provocar fenómenos de ahilamiento que pueden ocasionar la muerte de la planta cuando se retire el protector. Se observa como las plantas de la parcela 11, con protectores convencionales, tienen un índice de esbeltez de 12,56, debido al mayor crecimiento en altura en detrimento del diámetro.

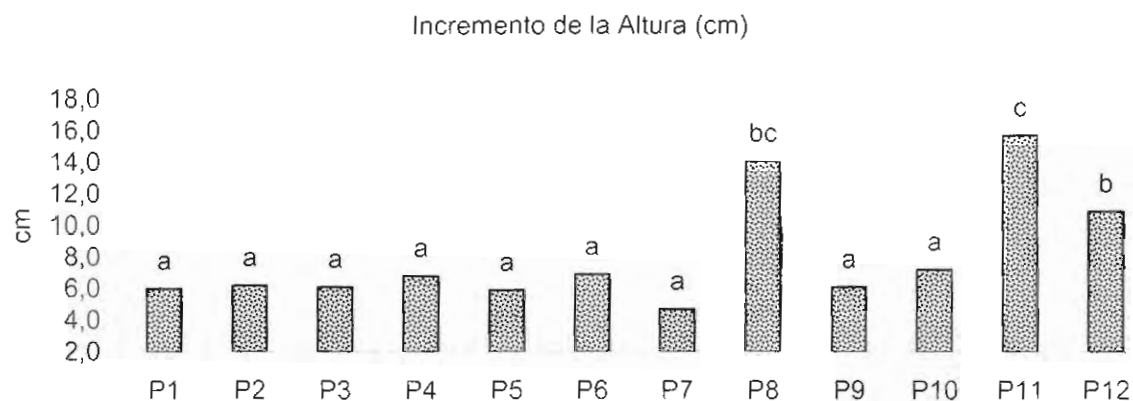


Gráfico 1

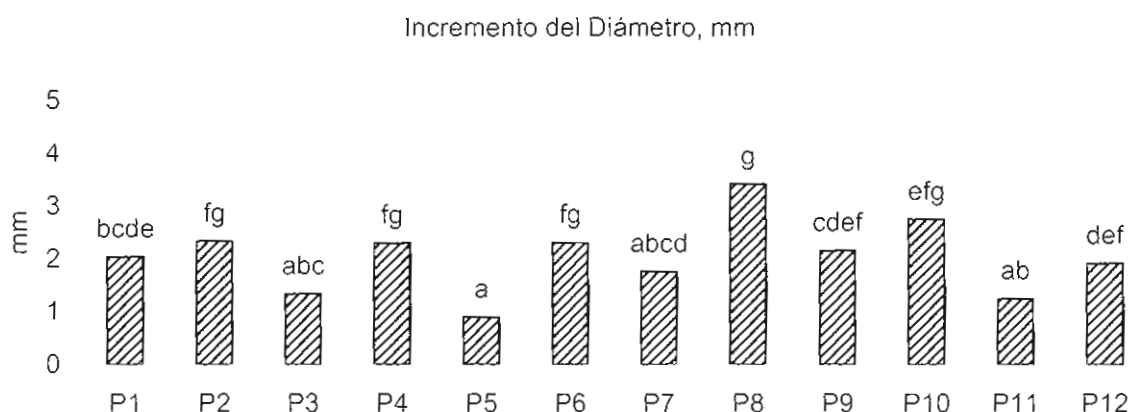


Gráfico 2

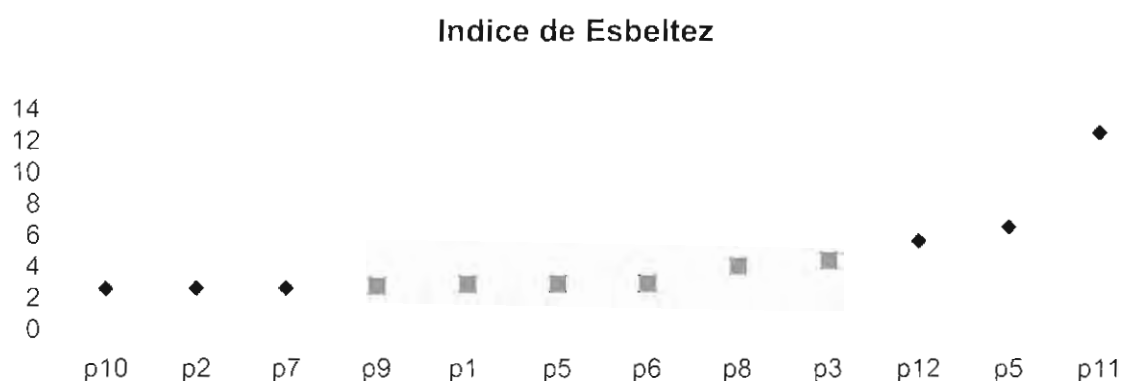


Gráfico 3

### Supervivencia

La supervivencia reflejada en el **Gráfico 4** muestra como la utilización de residuos sólidos urbanos no compostados provoca una mortalidad difícilmente asumible en cualquier proyecto de forestación. Cualquier otro tratamiento supone una mayor supervivencia de la plantación con respecto a la parcela testigo (P9)

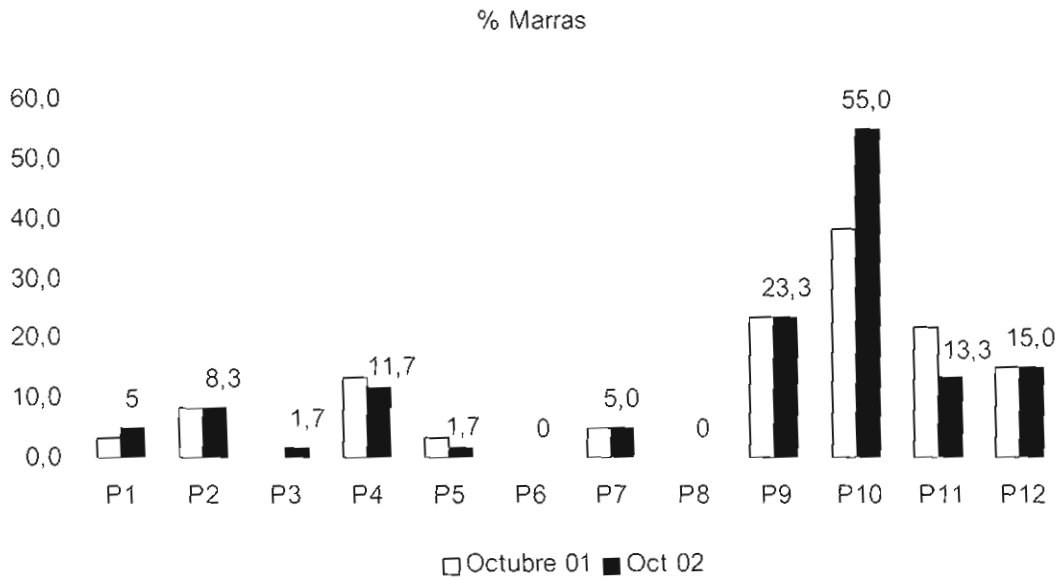


Gráfico 4

Superficie foliar

Las plantas protegidas con *TUBEX* son las que presentan mayor superficie foliar (Gráfico 5) siendo las plantas con cobertura de residuos sólidos urbanos y las que tienen la competencia de las herbáceas anuales por no realizarse las binas periódicas, las que presentan menor superficie foliar. El resto de los tratamientos no parece influir de forma significativa en la superficie foliar de las plantas.

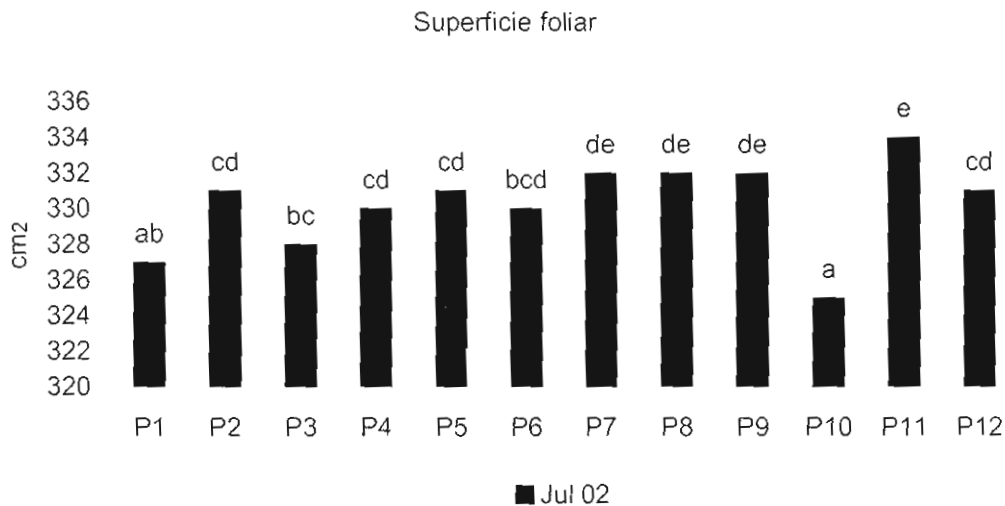


Gráfico 5

Tasa fotosintética

Es bien conocida la respuesta diferenciada a los cambios de intensidad de la radiación que presentan tanto distintos tipos de plantas (plantas C3 y C4) como las hojas de sol y de sombra de una misma planta. La respuesta de la fotosíntesis a radiaciones de mayor intensidad sigue un patrón muy general que se ajusta a una hipérbola no rectangular caracterizada por tres parámetros que dan lugar a tres fases distintas: la fase

La segunda campaña se realizó en Julio 2002, antes de que se iniciara la sequía estival y los riegos de las parcelas y en un momento donde se había producido una lluvia intensa (47,5mm) de forma que ninguna planta estaba sometida a estrés hídrico al haber suficiente humedad en el suelo. En esta ocasión se midió la tasa fotosintética de las encinas de las parcelas 8, 9, 11 y 12 (**Gráfico 9**) Son las encinas protegidas con el protector modificado las que tienen mayor actividad fotosintética, presentando una actividad muy baja las de los protectores convencionales, lo cual indica que estos protectores en zonas semiáridas provocan efectos fisiológicos negativos en las encinas. Las encinas de la parcela 8 presentan tasas fotosintéticas similares a las de la parcela testigo (p9) ya que todavía no se habían iniciado los riegos y se observa como el protector modificado tiene efectos beneficiosos al aumentar la actividad fotosintética de las encinas con respecto al resto de los tratamientos.

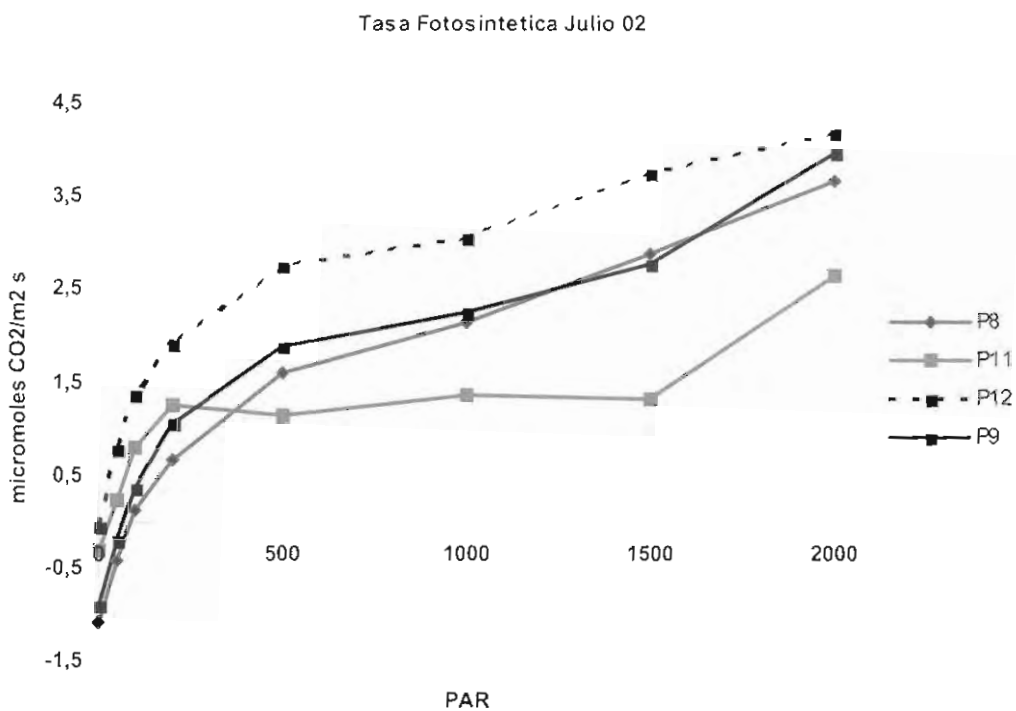


Gráfico 9

La tercera campaña se realizó en Octubre 02 cuando todavía no se habían producido lluvias importantes y en las mismas parcelas. Son las encinas regadas periódicamente durante el verano las que presentan mayor tasa fotosintética, siendo muy baja en el resto de las plantas (**Gráfico 10**).

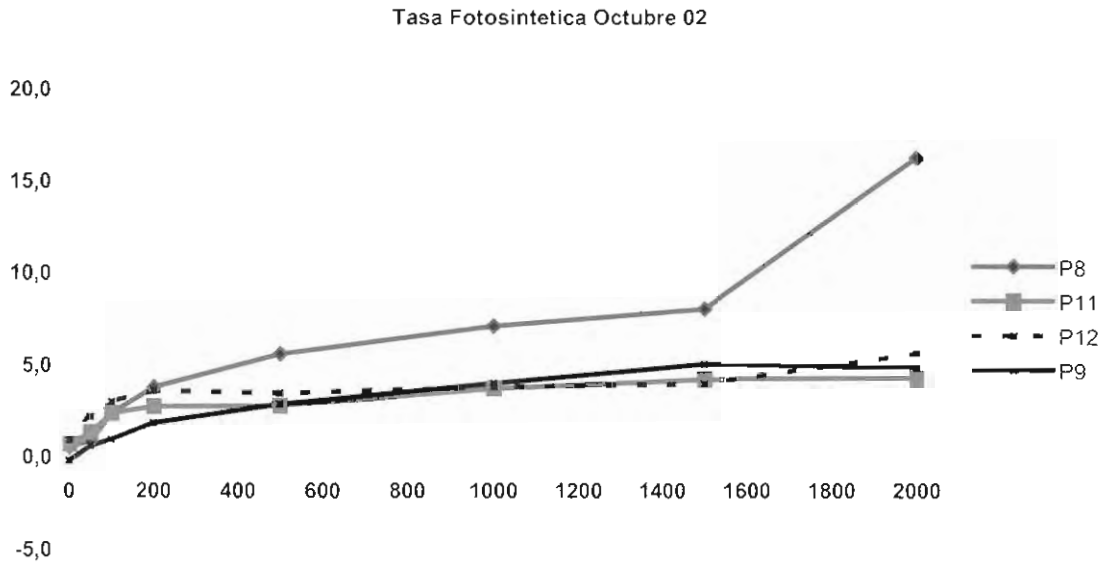
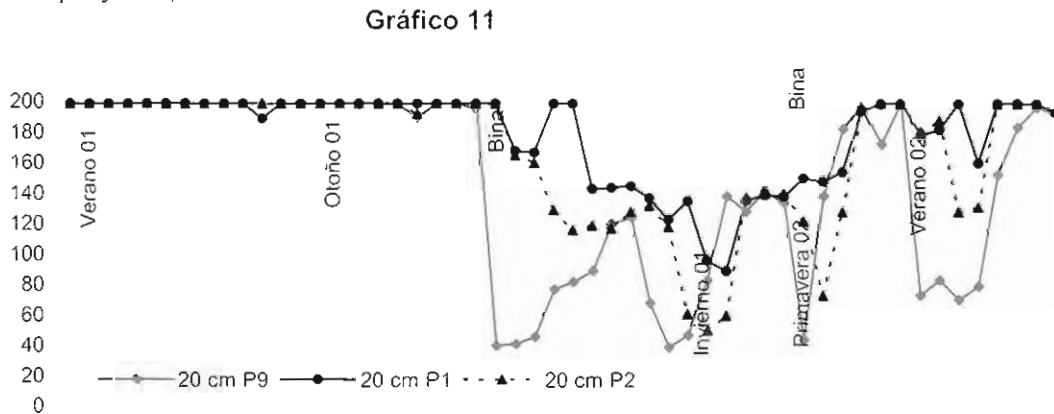


Gráfico 10

Humedad del suelo.

Se han recogido los datos de la humedad del suelo proporcionados por los tres sensores colocados en cada parcela a 20, 40 y 70 cm de profundidad, con periodicidad semanal y cuando ha habido episodios de lluvias.

A. Binas: Parcelas 1 (binas durante el primer año) y 2 (binas anuales a lo largo de todo el proyecto)



B. Las binas favorecen la pérdida de humedad del suelo en superficie como se observa en el Gráfico 11 y en el Gráfico 12 por evaporación y pérdida del agua por capilaridad aunque en los episodios puntuales de lluvia se recupera esta humedad.

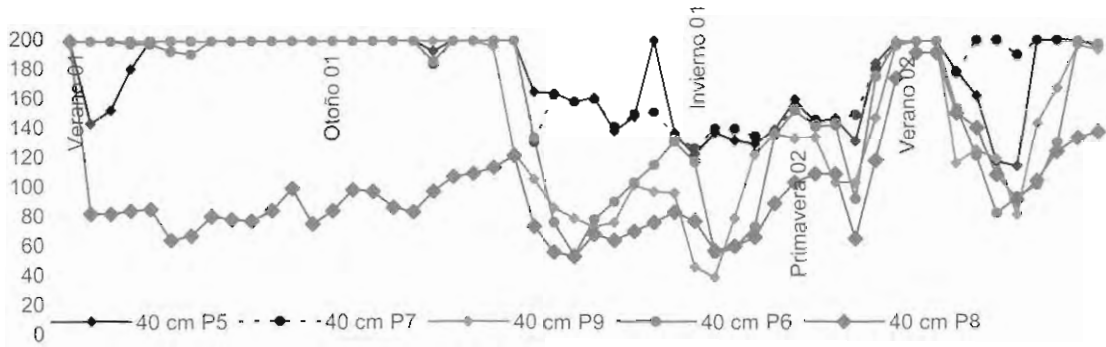


Gráfico 18

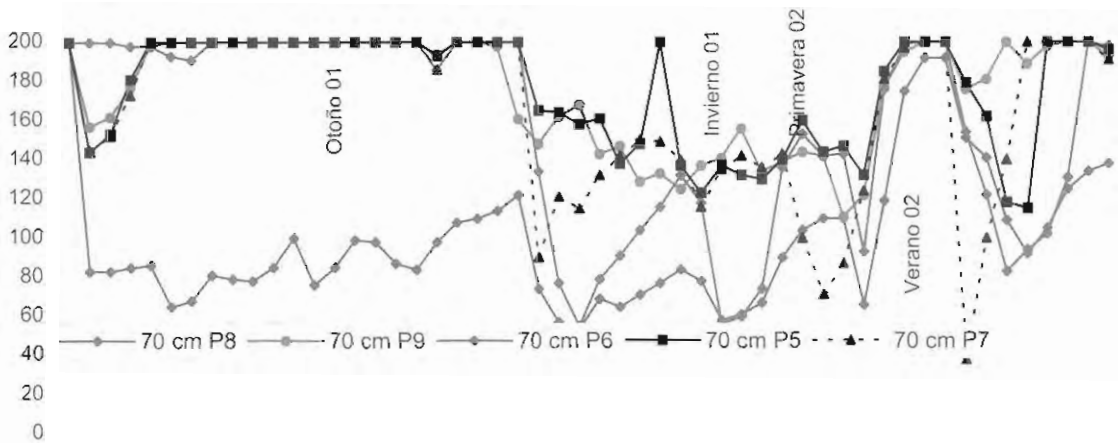


Gráfico 19

Los riegos continuos durante la época estival permiten mantener la humedad en profundidad durante todo el año mientras que los riegos ocasionales solo provocan un aumento de la humedad en el suelo de forma muy puntual, que difícilmente puede ser aprovechado por las plantas.

Potencial hídrico

Se ha realizado una campaña de medición en Octubre 2002, antes de que se iniciaran las lluvias de otoño, midiéndose el potencial hídrico con la Cámara de Sholander al alba y al mediodía en las parcelas que habían sido regadas en alguna ocasión, en las parcelas con protectores y en la parcela testigo. En el **Gráfico 20** se observan los valores de potencial hídrico de cada parcela poniéndose de manifiesto que las parcelas 8 y 7, presentan mayores valores de potencial (-0,53 Mpa) al alba lo que indica una mejor recuperación del estrés hídrico al que se ven sometidas durante el día. Los protectores también favorecen esta recuperación durante la noche aunque en menor medida. El resto de parcelas presentan valores muy negativos de potencial hídrico al alba (alrededor de -1 Mpa).

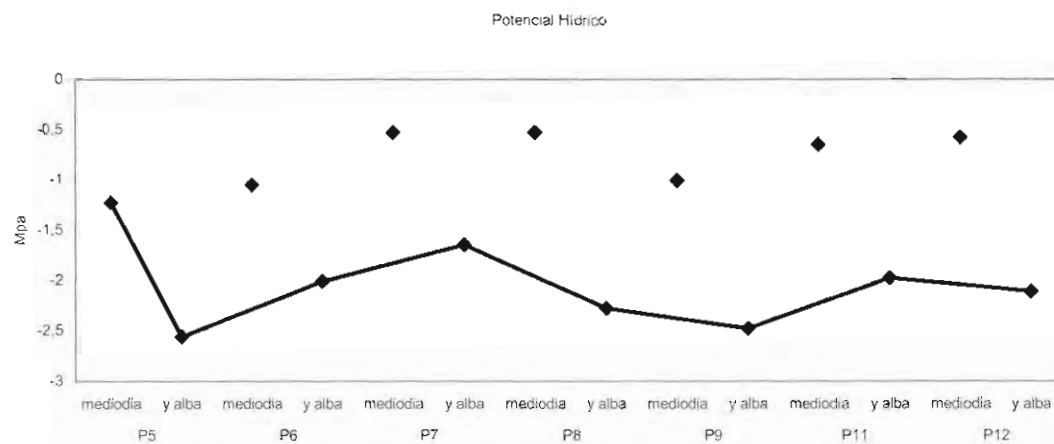


Gráfico 20

### Discusión de resultados

Los resultados obtenidos hasta el momento permiten avanzar las siguientes conclusiones:

1. Los riegos ocasionales están teniendo un efecto positivo sobre la supervivencia de la forestación, por lo cual resultan convenientes durante el período de aclimatación de la planta a las condiciones del medio natural como forma de asegurar el éxito de la forestación en los primeros años. Si estos riegos se realizan periódicamente durante la época de sequía estival además de asegurar la supervivencia, se aumentan los crecimientos y se mejoran los mecanismos fisiológicos (aumento de la eficiencia fotosintética y disminución del estrés hídrico) que permiten a la planta sobrevivir en condiciones de déficit hídrico acusado.
2. Los datos obtenidos hasta ahora con respecto a las binas no suponen una mejora de las condiciones de humedad del perfil del suelo.
3. Los protectores tradicionales favorecen que las plantas se ahilen y esto tiene efectos negativos sobre la actividad fotosintética de las plantas aunque su superficie foliar sea mayor; las plantas, en estas condiciones, pueden sufrir daños irreparables al retirar el protector, pues sus mecanismos de adaptación al medio están muy alterados. Los protectores mixtos favorecen que las plantas tengan mejores rendimientos fotosintéticos con menor superficie foliar.
4. El uso de residuos sólidos urbanos ha producido un porcentaje de marras inadmisibles en cualquier expediente de forestación de tierras agrarias; la colocación de piedras grandes alrededor de la planta es lo que más ha favorecido el mantenimiento de la humedad en profundidad, lo que se refleja en la ausencia de marras durante el periodo estival y además hay que tener en cuenta que este tratamiento no supone ningún coste económico.

### 6.2.5. BIBLIOGRAFÍA

- Albeza, E., Arqués, E., Berabe, A., Escarre, A., Jiménez-Ortiz, T., Lledo, M.J. y Sánchez, J.R., 1999. Experiencias para la mejora de masas forestales. En: *Reunión de coordinación del Programa I+D Forestal*; Fundación CEAM. 21-31.
- Bautista, S., Abad, N., Llovet, J. Blade, C., Ferrán, A., Ponce, J.M., Caturla, R.N., Alloza, J.A., Bellot, J. y R. Vallejo. 1997. Siembra de herbáceas y aplicación de mulch para la conservación de suelos afectados por incendios forestales. In: *La Restauración de la Cubierta Vegetal en la Comunidad Valenciana*. Fundación CEAM. 395-434.
- Clements, J.R.; 1970; Shoot response of young red pine to watering applied over two seasons. *Can. J. Bot.* 48: 75-80.
- De Simón, E. Navarro, F.B., Bocio, I., Ripoll, M.A. & E. Gallego. 1999. Forestación de tierras agrícolas marginales en ambientes mediterráneos. Reunión de Coordinación del Programa I+D Forestal; Fundación CEAM. Castellón 70-80 pp.
- García Abril, A. 1989. La repoblación forestal. Libro rojo de los bosques españoles, pag 237 a 276. ADENA-WWF. Madrid.
- García Leal, J & Lara Porras, A.M. 1988. Estadística para investigadores. Reverte.
- González Alonso, S. & Col. 1989; Guías metodológicas para la elaboración de estudios de impacto ambiental. Monografías nº3. Repoblaciones forestales. Dirección General de Medio Ambiente. M.O.P.U. Madrid.
- Holstener-Jorgensen, H. & Holmsgraad, E.; 1993. Fertilization and irrigation on Norway spruce on sandy soils. *For & Landsc. Res.* 1: 1-18.
- Lambert, J.L.; Boyle, J.R. & Gardner, W.R.; 1972. The growth response of a young pine plantation to weed removal. *Canadian Journal of Forest Research* nº 2 (152-159).
- Mannering, J.V. & L.F. Meyer, 1963. The effects of various rates of surface mulch on infiltration and erosion. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 27: 84-86.
- Meyer, L.D., W.H. Wischmeier & G.R. Foster, 1970. Mulch rates required for erosion control on steep slopes. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 34:928-931.
- Ministerio De Agricultura. 1980. Mapa de cultivos y aprovechamientos. Escala 1:50.000. Hoja 993 (Benalúa de Guadix).
- Montgomery, D.C. 1991. Diseño y análisis de experimentos. Grupo editorial Universitario.

- Navarro, R.M. & Martínez, A.; 1996. *Forestación en explotaciones agrarias*. Consejería de Agricultura y Pesca. Sevilla.
- Navarro, R.M. & Martínez, A.; 1997. Las marras producidas por ausencia de cuidados culturales. *Cuadernos de la S.E.C.F.*. Nº 4. 43-57 pp.
- Navarro, R.F., Gálvez, C. Contreras, V. & Del Campo, A.D. 1998. Protocolo para la caracterización del cultivo de plantas forestales en contenedor. E.T.S.I.A.M. de Córdoba. Consejería de Agricultura de la Junta de Andalucía. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Ollero, J.; García, J.; Lara, A.; Martínez, A.; Rodríguez, C. & Ramos, H. 1997. Diseño y análisis Estadístico de Experimentos. Grupo Editorial Universitario.
- Pemán, J.; Navarro, R. 1998: Repoblaciones forestales. Ediciones de la Universidad de Lleida.
- Rivas Martínez, S. 1996. Clasificación bioclimática de la Tierra. *Folia Botánica Matritensis*, 16: 1-20.
- Rivas Martínez, S. 1987. *Memoria del mapa de Series de Vegetación de España*. ICONA. Madrid.
- Rubio, J.C. 1987. Desertificación en la Comarca de la Comunidad Valenciana: Antecedentes históricos y situación actual de la erosión. *Revista Valenciana d' Estudis Autonomics* nº 7: 231-258
- Salleo, S., & Lo Gullo, M.A.; 1993. *Drought resitance strategies and vulnerability to cavitation of some Mediterranean sclerophyllous trees*. En: Gorghetti, M.; Grace, J. & Raschi, A. (Ed.) *Water transport in plants under climate stress*. Cambridge University Press. 99-113 pp.
- Serrada, R. 1993. Apuntes sobre repoblaciones forestales. Fundación Conde del Valle Salazar.
- Serrada, R. 1990: Consideraciones sobre el impacto de la repoblación forestal en el suelo. *Ecología*, fuera de serie nº1, pag 453 a 462. ICONA. Madrid.
- Serrada, R. 2000. Selvicultura de masas forestales procedentes de la forestación de tierras agrarias. Curso de Especialización de I+D: Forestación de Tierras Agrarias. Centro de Investigación y Formación Agraria de Granada.
- Servicio Cartográfico Del Ejército. Mapa topográfico nacional. Hoja 993 (Benalúa de Guadix). Escala 1:50.000.
- Singer, M.J. & J. Blackard. 1978. Effect of mulching on sediment in runoff from simulated rainfall. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 42: 481-486.

Sutton, R.F.; 1995. White spruce establishment: initial fertilization, weed control and irrigation evaluated after three decades. *New Forest* 9: (123-133).

William, D.R.; 1992. Establishing farm woodlands. *Forestry Commission*. Handbook nº 4 HMSO. London.

# Capítulo 7



## SELVICULTURA DE MASAS FORESTALES PROCEDENTES DE LA FORESTACIÓN DE TIERRAS AGRARIAS

Rafael Serrada Hierro

\* Departamento de Silvopascicultura. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Forestal. Universidad Politécnica de Madrid. Ciudad Universitaria s/n. 28040 Madrid. serrada@forestales.upm.es

### 7. INTRODUCCIÓN

El término Selvicultura, en la acepción que se le da en el título del presente tema dentro del Curso de Forestación de Tierras Agrarias, se refiere al conjunto de tratamientos que pueden o deben ser aplicados en masas forestales que, por su origen artificial, son regulares.

El conjunto de tratamientos aplicados a las masas forestales, los tratamientos selvícolas, comprende dos grandes grupos según su objetivo: tratamientos de regeneración; y tratamientos de mejora.

No cabe duda sobre la importancia de los tratamientos de regeneración en la gestión de las masas forestales, sin embargo en esta ocasión es lógico que no sean tratados por los siguientes motivos: las masas forestales procedentes de la regeneración de tierras agrarias ocupan superficies muy pequeñas en relación con las estrategias selvícolas de regeneración; la escasa edad actual de las masas de referencia y los largos turnos que pueden corresponder a las especies empleadas, harían de esta discusión un futurible de escaso interés en este momento; dos horas de exposición es un tiempo excesivamente reducido para poder incluir esta cuestión.

Nos centraremos, por tanto, en exponer los tratamientos de mejora o tratamientos parciales de las masas forestales, en un planteamiento general y con las referencias que sean pertinentes en relación con su aplicabilidad a las masas forestales procedentes de la forestación de tierras agrarias, con las imprecisiones propias de la gran diversidad de tipologías que tales actuaciones han tenido, y en relación con las acciones contempladas en el capítulo III del Decreto 127/1998 sobre ayudas para la mejora de alcornocales y de otras superficies forestales en explotaciones agrarias.

#### 7.1. DENOMINACIÓN Y OBJETIVOS DE LOS TRATAMIENTOS PARCIALES

En cualquier sistema de tratamiento de las masas forestales, y formando parte de él, las masas se someten a una serie de operaciones en el plazo que transcurre entre el final de la regeneración, sea natural o artificial, y el momento en que comienzan las siguientes cortas de regeneración. Estas operaciones se denominan *cuidados culturales* o *tratamientos parciales*.

Los *objetivos* de los tratamientos parciales son:

\* asegurar la *persistencia* frente a la acción de agentes externos sean bióticos o abióticos.

objetivo, diseñar la forma de ejecución más conveniente en función de las posibles consecuencias negativas del desbroce, que suelen estar relacionadas con la diversidad florística, los fenómenos erosivos o con la función de cobijo y alimento de la fauna que pueda tener el matorral.

En relación con el momento de la vida de la masa o la época o estación del año más adecuados para la ejecución del desbroce, hay que atender al objetivo del mismo:

\* si el desbroce se efectúa para ayudar a la *regeneración* de masas regulares, independientemente de que se ha podido realizar antes o a la vez que las cortas preparatorias, interesa realizarlo una vez que se ha instalado la nueva masa y ésta tiene la edad de repoblado y monte bravo. No es conveniente retrasar este tipo de desbroces, especialmente con especies de luz, pues la competencia del matorral retrasa mucho el crecimiento de los pies de la masa principal. Lógicamente este tipo de desbroce será por roza y en la medida en que tiene que ser muy selectivo, se hará de forma manual con motodesbrozadora.

\* los desbroces orientados a la reducción del *peligro de incendio* se harán antes del verano, normalmente por roza, y será conveniente eliminar los despojos de esta operación. La necesidad de reiterar este tipo de desbroces en el mismo rodal depende de la espesura de la masa principal y de su temperamento. Estos desbroces serán selectivos para no afectar a las especies de baja inflamabilidad.

\* para favorecer la *producción* se pueden plantear los siguientes casos:

+ en relación con la producción de *madera*, los desbroces sólo en muy concretos casos tienen influencia en el aumento de la producción, y únicamente podrán ser eficaces en este sentido si se aplican en las edades de monte bravo y latizal. Hecho una vez el desbroce en esta situación, no será necesario repetirlo al controlar la espesura de la masa principal el desarrollo del matorral.

+ en la producción *herbácea* el desbroce es muy importante para aumentarla, pues el matorral reduce la superficie pastable y se mejora la transitabilidad del ganado. Como el desbroce en estos casos debe ser preferentemente por roza para mantener la composición específica del pastizal, se procurará aplicarlo en período vegetativo para reducir la capacidad de brotar de las especies afectadas y antes de la diseminación de las mismas, broten o no de cepa. La recurrencia será variable con: las especies implicadas; la estación; y la carga pastante. Serán desbroces parciales y selectivos.

+ la producción de *corcho*, según estudios recientes, no aumenta por el hecho de mantener ausente al matorral. Sin embargo los desbroces favorecen la producción por los siguientes motivos: el corcho se "da" o se desprende más fácilmente si el alcornoque se encuentra aislado; se mejora la transitabilidad de modo que las operaciones de los corcheros se desenvuelven con mayor facilidad; en caso de incendio tras el descorche, el riesgo de muerte del alcornoque es alto al no haber crecido su ritidoma. Por tanto, el momento oportuno de realizar los desbroces en el alcornocal es en el año anterior al descorche. Estos desbroces serán por roza, y en cuanto a la superficie, totales o parciales (desbroces por ruedos o puntuales) según la espesura de la masa principal.

+ en los pinares de piñonero y en los castañares para la producción de *fruto*, el desbroce tiene importancia para la localización y recogida de los frutos, por lo que se debe mantener el suelo limpio de forma continua. Serán por roza, selectivos y de superficie variable según la espesura de la masa principal.

+ la *resinación* se ve favorecida por el desbroce, más que por el aumento de la producción, por facilitar la operaciones y recorridos de los resineros. Como la preparación de las matas en resinación se hace en primavera, los desbroces serán en invierno. Se realizan por roza, selectivos y a hecho.

La aplicación de herbicidas en la ejecución de limpieas, tanto en escardas como en desbroces, está muy desarrollada en países de Centroeuropa y del norte de América, aunque en España, por razón de la diversidad específica de los sotobosques y del excesivo coste en relación con las operaciones mecánicas, esta aplicación no ha pasado de fase experimental.

De las acciones citadas en el artículo 24 del Decreto 127/1998, han quedado comentadas: limpieas; desbroces; y ruedos.

### 7.1.3. CLAREO

El *clareo* consiste en la extracción de los pies sobrantes de la masa principal en los estados de repoblado y monte bravo. Se comprende mejor esta operación en las masas regulares, aunque en las irregulares también se puede plantear aplicándola sobre la regeneración en espera. En francés se emplean los términos: *dégagement de semis* o *dépressage* cuando se aplican en diseminado y repoblado; y *nettoisement* cuando se aplica en monte bravo y latizal bajo. En la normativa de la Comunidad de Madrid se denomina, impropriamente, aclareo.

En principio, se actúa cortando los pies mal conformados y dominados, en los grupos o bosquetes de excesiva densidad, tratando de favorecer los pies que han de perdurar de modo que no se malgasten nutrientes y agua en una competencia que de forma natural llevará a la muerte de los pies afectados por el clareo.

Los pies extraídos por el clareo no tienen ningún aprovechamiento comercial, siendo este criterio el que dentro del campo de los aprovechamientos forestales sirve para diferenciar los clareos de las claras, que se estudian a continuación.

Los clareos son muy importantes en las masas higrofíticas y mesofíticas, y en general en las de gran calidad, sobre todo con frondosas, cuando la regeneración natural es muy abundante. Nos estamos refiriendo a regenerados que pueden superar la densidad de 20.000 pies/ha. En estas situaciones los problemas de la competencia se centran en la luz.

En los repoblados de masas xerofíticas, al ser la iluminación mayor y ser los regenerados de menor densidad por causa de la sequía, los problemas de competencia no se presentan con importancia a edades tan tempranas, lo que permite frecuentemente esperar para aplicar las claras sin graves inconvenientes selvícolas y con ventaja económica.

moderado o fuerte de un plan de claras, tiene una componente en su determinación más económica que selvícola, pues los criterios selvícolas son los que han informado el intervalo previamente definido. No obstante lo anterior, aplicando únicamente criterios selvícolas sería recomendable en todo caso tender a pesos débiles o moderados aumentando, consecuentemente, la frecuencia o rotación de las sucesivas operaciones.

#### 7.1.4.3. Naturaleza

Se entiende por naturaleza de una clara la forma de aplicar el criterio de señalamiento de los pies a extraer, criterio fijado por el tipo y peso. Se trata de una clara de naturaleza *selectiva* cuando el señalamiento de los pies afectados se realiza sobre el monte de una forma flexible, atendiendo a las condiciones particulares de cada zona dentro de un rodal.

Se tratará de una clara de naturaleza *sistemática* cuando el criterio de extracción se aplica de una forma rígida. El criterio de extracción puede expresarse de dos maneras:

\* indicación diamétrica sobre los pies a extraer, por ejemplo, para una clara baja proponer cortar todos los pies cuyo diámetro sea menor de 15 cm, o para una clara alta tras haber señalado los pies del porvenir, proponer cortar todos los pies cuyo diámetro supere 20 cm.

\* referir la localización geográfica de los pies a extraer, por ejemplo en una clara cuyo peso sea el 33% de la densidad, proponer la corta *sistemática* de un pie si y dos no. Esta forma de proponer el señalamiento de una clara *sistemática* tiene como resultado que el tipo sea mixto, y se aplica más fácilmente en masas artificiales.

La ejecución de claras sistemáticas tiene la ventaja económica de realizarse con menor coste y por personal menos especializado. La decisión en este caso debe superar, lógicamente, el criterio selvícola previo. Cuando la irregularidad de la estación y del consecuente comportamiento de la evolución de la masa sean altas, el riesgo de degradación de la masa que se corre aplicando claras sistemáticas de ambas formas, las desaconseja. En caso contrario puede predominar la consideración económica, aunque desde el punto de vista selvícola, las claras selectivas siempre serán más convenientes.

Independientemente de lo apuntado, la realización de claras en masas con alta densidad requiere la ejecución, para facilitar la extracción de fustes y la circulación de maquinaria, de unas calles de desembosque de unos 3 metros de ancho a intervalos regulares. La extracción de los pies de las calles resultan ser una clara *sistemática* y mixta en una parte del peso, aunque la otra parte se ejecute con otros criterios en las entrecalles.

#### 7.1.4.4. Edad adecuada para la primera clara

Fijar el momento adecuado para la realización de la primera clara, una vez que se ha iniciado la poda natural y se alcanza la edad de latizal, es una de las determinaciones más delicadas en la formulación de los planes de claras o en la gestión real de un rodal concreto. En este tema es donde se presenta con mayor nitidez el conflicto entre los aspectos selvícolas y económicos de la práctica selvícola.

Desde un punto de vista económico es lógico tender a demorar la ejecución de la clara, independientemente del tipo, hasta que la masa haya alcanzado un desarrollo que permita interesantes aplicaciones comerciales o tecnológicas de los pies extraídos, y paralelamente a esta demora permitir un peso mayor.

Desde el punto de vista selvícola, la necesidad de realizar la primera clara se presentará antes o después según el grado de competencia, lo que depende a su vez de: la espesura inicial; del temperamento de la especie; de la calidad de estación; y del porte específico. Cuando coinciden ambas determinaciones no se plantea ningún problema, pero si el momento fijado por la economía es mucho más tardío que el que demanda la alta espesura, se entra en riesgo de pérdida de vitalidad de la masa, también llamada estabilidad biológica por algunos autores (Schütz, 1990), y se obliga a un plan posterior de claras de peso bajo y frecuencia alta para evitar posibles daños por nieve o viento en la masa resultante.

En este caso y dada la trascendencia que la ejecución de la primera clara tiene en la vida futura de la masa, el criterio predominante será el selvícola. A este respecto se citan algunos criterios de decisión, relacionados con el grado de estabilidad biológica de las masas, que también pueden ser aplicados a la necesidad de realizar segundas o terceras claras, según los casos:

\* Determinación de la *razón de copa*.

Se llama razón de copa de una masa al porcentaje de la altura del árbol medio ocupado por las ramas vivas, que es el valor complementario de la altura alcanzada por la poda natural. La medición de la poda natural en un rodal regular es una forma de expresar la espesura muy eficaz, pues indica el resultado de la misma integrando la densidad inicial, el temperamento de la especie, su porte específico y la calidad de la estación.

Por tanto, utilizar la razón de copa para determinar el momento adecuado para realizar la primera clara en un rodal concreto es lógico y conveniente, ya que no se trata de marcar edades fijas, sino que a cada masa en particular y tras una toma de datos no excesivamente complicada, se le puede diagnosticar la necesidad de intervención.

Siendo el valor de la razón de copa decreciente, desde 100% cuando se inicia la poda natural y por tanto el estado de latizal, para la mayor parte de los casos se recomienda aplicar la primera clara cuando alcanza el 40% (Smith, 1986). Si el valor de la razón de copa desciende del 30% se entenderá que la primera clara se ha retrasado en exceso y la estabilidad de la masa está comprometida.

Los valores referidos pueden considerarse correctos y con aplicación casi universal (Hawley y Smith, 1982; Boudru, 1989), aunque pueden plantearse excepciones en masas de especies extremadamente tolerantes o intolerantes, así como en masas artificiales en las que el marco inicial de plantación haya sido muy desproporcionado, provocando una poda natural asimétrica en los árboles. Estas asimetrías también se producen sobre los pies que bordean las pistas forestales o que lindan con zonas rasas.

Inmediatamente después de una clara, la razón de copa no crece bruscamente, por lo que este parámetro no se usa como índice de espesura a efectos de comparación. En arbolado de edades avanzadas, la razón de copa puede tener valores cercanos o inferiores

al 30% sin que este hecho suponga un grave exceso de espesura, sino la manifestación del porte ordinario de la especie.

\* Determinación del *coeficiente de esbeltez*.

El cociente entre la altura media de una masa y su diámetro medio, expresadas ambas longitudes en unidades iguales, se denomina coeficiente de esbeltez. Relativamente altos valores de este cociente expresan un pasado selvícola del rodal con alta espesura y son a su vez, por tanto, expresión de inestabilidad. Al contrario que con la razón de copa, no se pueden recomendar valores adecuados para indicar la necesidad de una clara en masas de todo tipo por la marcada influencia que la especie tiene en este valor. En general, para Centroeuropa y numerosas especies, se consideran valores críticos los superiores a 100 de cara a la estabilidad biológica, mientras que valores superiores a 70 comprometen la estabilidad mecánica frente a vientos o nevadas (Schütz, 1990). Para las especies españolas se necesita avanzar más las investigaciones en este sentido, aunque para el pino silvestre Rojo y Montero (1996) dan como valor máximo de la esbeltez en latizales 65 y para fustales viejos 55, calculada con altura dominante y para la Sierra de Guadarrama.

Al igual que la razón de copa, el coeficiente de esbeltez en relación con su papel como índice de espesura es de gran utilidad para el fin con que se le está citando, pero no la tiene para detectar variaciones temporales de espesura en un mismo rodal o para comparar diferentes masas, pues tras la ejecución de una clara no cambia de forma inmediata, al contrario que los índices que nos han servido para expresar el peso de la clara.

\* Definición de la relación entre *densidad y altura dominante*.

La evaluación de la espesura a través de relaciones entre la densidad o el espaciamiento medio y la altura dominante, entre otras muchas utilidades presenta la de fijar el momento adecuado para realizar la primera clara teniendo en cuenta la densidad inicial. La expresión más difundida de estas relaciones es el índice de Hart-Becking o factor o coeficiente de espaciamiento. El hecho de que la altura dominante no varía tras la clara permite calcular con precisión el resultado de la variación de este índice con diferentes hipótesis de peso expresado en valor absoluto de la densidad.

La información relativa a los índices de Hart adecuados para cada especie, edad de la masa y calidad de estación figura en las tablas de producción, de donde se puede deducir el diagnóstico utilizando esta vía para cada rodal concreto.

\* Decaimiento o muerte, por falta de luz, del *matorral heliófilo* del sotobosque.

La espesura de la masa regular conduce al matorral heliófilo que compone el sotobosque, por falta de luz, a un estado de muerte o decaimiento que puede resultar indicador de la necesidad o conveniencia de aplicar una clara. Este criterio se ha aplicado con sotobosque de brezo y cubierta de pino silvestre (Torre, 1998).

No cabe duda de que el comportamiento del sotobosque es un indicador de la espesura del arbolado, que puede ayudar a tomar la decisión de hacer la clara, pero no es un criterio decisivo y universal, por la gran variedad de casos que se pueden presentar

según la calidad de la estación, las diferencias entre temperamento de arbolado y de matorral, y la posibilidad de desbroces anteriores.

#### 7.1.4.5. Rotaciones

La rotación en un plan de claras es el plazo, normalmente expresado en años, que transcurre entre dos claras consecutivas. El plan de claras queda definido completamente cuando se han determinado: edad de la primera clara; número de claras con indicación de sus respectivas rotaciones; tipo, peso y naturaleza de cada una de las intervenciones.

Las propuestas para rotaciones en los planes de claras clásicos han tendido a ser constantes desde la primera clara hasta la última, para cada especie y calidad de estación. Ahora bien, si se aplican criterios dasométricos (Madrigal, 1985) a la necesidad de ejecución de cada clara, las rotaciones deben tender a aumentar con la edad, por lo que no tienen por que ser constantes a lo largo de todo el turno.

Los criterios dasométricos utilizados para proponer una clara, cuando se produce una variación constante de los mismos, pueden ser numerosos: altura dominante; área basimétrica; índice de Hart; razón de copa; existencias; etc.

Al ser decreciente el crecimiento general de la masa con la edad, es lógico que las rotaciones se alarguen, al aplicar estos criterios, al acercarse la edad del turno. Dentro de una misma masa, también debe haber diferencias en las rotaciones según el peso mayor o menor de las claras que se ejecuten.

Tienen gran utilidad, tanto en la gestión como en la docencia, la elaboración de curvas patrón que expresen la evolución de la masa, con indicación del peso y momento de cada clara que se recomienda.

#### 7.1.4.6. Intensidad del plan de claras

La intensidad de un plan de claras es la expresión del peso conjunto de todas las claras aplicadas, expresados a su vez en volumen. Hay dos modos usuales de calcular la intensidad de un plan de claras (Lanier, 1986):

\* En valor absoluto por unidad de tiempo y superficie, expresado en  $m^3/ha/año$ , a partir del conocimiento de la cubicación total de todas las cortas, la superficie del rodal o cuartel y con referencia temporal más usual al turno del rodal regular:

$$I (m^3/ha/año) = V_c / (t S), \text{ donde}$$

$V_c$  = volumen total de madera aprovechado en claras durante el tiempo  $t$  (en años, normalmente el turno del rodal regular) y en la superficie  $S$  (en ha).

\* En valor relativo respecto del volumen total aprovechado en el rodal al final del turno, según:

$$I (\%) = [V_c / (V_c + V_f)] 100, \text{ donde}$$

$V_c$  = volumen total de las claras a lo largo del turno

$V_f$  = volumen de las cortas de regeneración de la masa regular.

#### 7.1.4.7. Aplicaciones prácticas de las claras

La aplicación práctica de las claras en España se debe referir, por una parte, a las masas de coníferas y por otra a las de frondosas.

Un primer caso importante para aplicación de claras sobre masas de frondosas es el de las masas regulares de monte alto (hayedos y robledales) con producción preferente de madera. Se recomienda de forma general que las claras tengan las siguientes características: en relación con el *tipo*, por lo alto con una correcta selección de pies del porvenir; en relación con el *peso*, moderadas; en relación con la *naturaleza*, selectivas; y la *rotación* variable con la evolución de la altura dominante o del índice de Hart.

El otro caso importante de aplicación de claras sobre masas de frondosas se refiere a los montes bajos regulares de encina, rebollo, alcornoque y quejigo. Esta modalidad de claras, que también se denominan resalveos, se comenta a continuación.

##### 7.1.4.7.1. Resalveos de conversión en monte bajo regular

La solución práctica a los problemas selvícolas y económicos que plantea el monte bajo regular envejecido se inicia de una forma sistemática en 1978 sobre montes localizados en las provincias de Guadalajara (Serrada, 1991) y de Madrid (Montoya, 1983 y 1987; Comunidad Autónoma de Madrid, 1988).

La instalación de parcelas permanentes para estudio de las diferentes alternativas selvícolas y de sus efectos, en cuyos datos están basadas las propuestas que se formulan, se realiza en Guadalajara para *Quercus faginea* en 1979 (San Miguel *et al.*, 1984), en Madrid para *Quercus pyrenaica* en 1979 (San Miguel, 1985), en Guadalajara y Segovia para *Quercus ilex* y *Q. faginea* en 1994 (Serrada *et al.*, 1995).

Respecto de la justificación del término *resalveo de conversión en monte bajo* que se utilizó para denominar a esta práctica selvícola hay que hacer notar lo siguiente: se denomina resalveo por ser una práctica que *tiende a reservar* tras las cortas los mejores pies de la masa, es decir, los resalvos, de modo que se acepta llamar resalveo a las claras efectuadas en un monte bajo; para evitar la posible confusión con los clásicos planes de resalveo de los montes medios regulares, se añade que se realizan en monte bajo; finalmente, se denominan de conversión por *ser su objetivo acabar cambiando* la forma fundamental de masa, para que en primer término se alcance un fustal (sobre cepa), para pasar a largo plazo tras las cortas de aclareo sucesivo uniforme a un verdadero monte alto.

Antes de describir el procedimiento de resalveo que se propone y de sus resultados, conviene centrar las condiciones de aplicación en relación con la morfología de la masa. Las tipologías de los montes bajos regulares de una especie, incluso dentro de una reducida comarca en la que puede haber cierta constancia de los factores estacionales, son muy variadas a causa del diferente tratamiento e historia que cada monte ha tenido a lo largo del tiempo. La heterogeneidad apuntada conduce a que la extrapolación de resultados de trabajos de mejora o de decisiones acertadas en un determinado tipo de monte, sea difícil o peligrosa cuando se pretende generalizar a todas las masas definidas únicamente por la presencia de la especie y la forma fundamental.

La propuesta de resalveo de conversión que se describe a continuación se ha concebido para ser aplicada en masas de monte bajo regular, montes bajos con resalvos y montes medios regulares en los que como límite inferior de espesura, la densidad de pies con diámetro mínimo inventariable (2,5 cm) sea de 1.000 pies/ha, el diámetro medio sea de 5 cm y la altura media sea de 2 m. Mejores resultados se obtienen sobre masas en las que estas cifras pasan a ser superiores a: 2.000 pies/ha de densidad, 8 cm de diámetro medio y 4 m de altura.

A cualquier reducción de espesura que se haga sobre un monte bajo, la masa responde induciendo una brotación. Según la especie y la estación predominará uno de los siguientes mecanismos: brote de cepa; brote de raíz; brotes epicórmicos sobre los fustes y ramas gruesas de los resalvos. La cantidad de brotes es proporcional a la reducción de espesura que se haya producido. Que la cantidad de brotes sea muy grande es perjudicial por la competencia que inducen, por el agua y los nutrientes, sobre la masa reservada. A su vez la masa reservada reduce la iluminación sobre los brotes, retrasando su desarrollo y reforzando en este sentido la acción del pastoreo.

Por tanto, la reducción debe ser paulatina y no exagerada desde el punto de vista selvícola, pero no tanto como para que el coste de repetidas intervenciones de escasa intensidad hagan inviable la conversión desde el punto de vista económico.

La propuesta de ejecución de los resalvos de conversión se resume en los siguientes puntos:

A.- Se planificarán claras sucesivas, con rotación de 10 años para la encina, de 15 años para el rebollo y de 20 años para el quejigo, para calidades medias de estación en el centro de la Península Ibérica. Esta propuesta se formula por comprobación del plazo en que el aumento de crecimiento inducido por el primer resalveo se atenúa (Bravo, Sánchez y Serrada, 2001). Se comprueba que la especie que requiere menores rotaciones es la encina y que la respuesta más lenta y la rotación más larga corresponde al quejigo, siempre dentro de las zonas estudiadas.

B.- Una precaución importante en la ejecución de los resalvos es que en ningún caso, para las dos primeras intervenciones, se deberán apea todos los pies de una cepa o mata, incluso en el caso de que todos sean deficientes. En caso contrario se pierde la viabilidad de dicha cepa al no producirse un acotado al pastoreo, lo que rebajará la densidad de cepas y se tiende a limitar la posibilidad de una vuelta al monte bajo regular. Por otra parte, como la deficiencia apuntada se refiere a un escaso desarrollo relativo de los pies, pudiera suceder que esta situación no sea debido a un mal estado fisiológico de la cepa sino a su edad relativamente más baja o a que se trate de posibles brinzales que han sufrido la competencia del vigoroso brote.

C.- Los resalvos o claras será selectivas y por lo bajo. Se extraerán preferentemente los pies dominados, deformes, torcidos, inclinados y puntisecos. A igualdad de condiciones de calidad entre todos los pies de una cepa o mata se extraerán preferentemente los del interior de la misma para favorecer el traslado. Por tanto, el criterio de señalamiento (de pies a apea o a reservar) tomará como elemento de referencia a cada cepa o mata, lo que requiere su identificación sobre el terreno. Las claras serán necesarias aunque entre las cepas o matas no exista tangencia de copas (monte bajo adhesionado), ya que la competencia se manifiesta con mayor intensidad entre los chirpiales de una misma cepa que entre las cepas.

D.- La determinación del peso de cada intervención es una de las decisiones más delicadas. Ya se ha explicado que si es demasiado fuerte, la brotación inducida compromete el desarrollo de los resalvos e incluso hemos observado la muerte de los mismos y, por otra parte, si es demasiado débil su efecto no es importante y obliga a reducir la rotación, con incremento de costos innecesario.

Se ha comprobado que la cantidad de brotes sufre una importante inflexión cuando se producen extracciones del orden del 50% del área basimétrica, lo que en claras bajas y para este tipo de masas supone una extracción del orden del 70% de la densidad inicial.

Volviendo al problema de la determinación del peso para el primer resalveo, la primera propuesta se concreta en que debe ser fijado en valor relativo respecto de la espesura inicial, preferentemente y por facilidad en la ejecución en valor relativo de la densidad, pues la propuesta de una espesura resultante, en caso de densidades iniciales altas, puede inducir brotaciones excesivas.

Hasta tanto se concreten y elaboren con precisión los resultados de la experiencias en curso, la propuesta sobre peso para el primer resalveo será que la extracción más conveniente debe situarse entre el 50% y el 70% de la densidad inicial, eso sí, cortando por lo bajo. Es decir, se pueden cortar un pie sí y otro no o dos pies sí y uno no, sin que la brotación inducida ponga en peligro el desarrollo de la masa reservada. Cortando de esta manera, la reducción del área basimétrica será inferior al 50% y la del área foliar igual.

E.- En los pies reservados puede ejecutarse una poda hasta la mitad de su altura en caso de que interese facilitar el tránsito por el monte y reducir el riesgo de incendios. Si las ramas están secas por poda natural o tienen menos de 4 cm de diámetro, se puede ejecutar la poda a la vez que el resalveo. En caso contrario, conviene esperar al siguiente año y hacerla a savia parada para no inducir exceso de brotes epicórmicos.

F.- Respecto de la época del año adecuada para ejecutar el resalveo se puede razonar en el siguiente sentido: si la brotación inducida es inconveniente e interesa fomentar el pastoreo, se hará en plena actividad vegetativa para debilitar el brote y aportar ramón al ganado. Serán los meses de agosto y septiembre los más indicados, al coincidir con la mínima producción herbácea natural en el monte. Sin embargo, esta práctica puede no ser bien entendida por la población rural, a la que es preciso imponer la restricción de cortas para leña dentro de la paralización vegetativa.

G.- El terreno podrá ser desbrozado, por roza con motodesbrozadora, para favorecer el tránsito, reducir riesgo de incendios y facilitar el aprovechamiento pastoral. Se procederá a la extracción de las leñas gruesas y finas, y si es posible también de la chasca. Se eliminarán los despojos de la roza y de la poda y de la chasca no extraída. Las alternativas de ejecución para esta eliminación pueden ser las siguientes: quema en montones durante el invierno; astillado a lo largo de todo el año; aplicación de un desbroce mecanizado por trituración, preferentemente al año siguiente, con lo que se consigue el desbroce en pie, la eliminación de los despojos y la reducción del brote inducido.

H.- No se producirá el acotado al pastoreo en la superficie tratada, al contrario, se inducirá el careo relativamente intensivo con ganado vacuno y cabrío para controlar el rebrote y la

invasión del matorral heliófilo, quien tendrá mejores oportunidades al aumentarse la iluminación sobre el suelo. Para que la carga ganadera sea efectiva en esta función, la superficie anual de tratamiento dentro de una determinada unidad administrativa debe ser del orden de 50 ha.

Las condiciones fisiográficas de los montes en los que aplicar el tratamiento descrito deben ser limitadas. Se propone en principio que la pendiente sea inferior al 30%. En pendientes superiores, aparte del riesgo de inducir fenómenos erosivos por causa de la reducción de espesura y de la intensificación del pastoreo, los suelos suelen sufrir una exportación de nutrientes hacia zonas dominadas (San Miguel *et al.*, 1984).

En relación con el futuro de estas masas, suponiendo que el resalveo se inicia con edad de 20 a 40 años, con diámetro medio de 5 a 15 cm. al cabo de tres resalveos tendrá una edad entre 50 y 76 años y con diámetro del orden de 20 cm, por lo que podrá ser considerado como un fustal sobre cepa, con fracción de cabida cubierta cercana al 80%. A partir de este momento caben tres evoluciones posibles: mantener la espesura con claras débiles para obtener fustes maderables con un turno del orden de 100 a 120 años, en el que aplicar cortas de aclareo sucesivo uniforme, preferentemente por el método del tramo móvil; recepar y volver al monte bajo, pues hasta este momento se habrá conservado la misma densidad de cepas; intensificar las claras para conducir la masa a un adeshamiento con fracción de cabida cubierta del 30 al 50% y cortas de regeneración por entresaca. La opción adecuada la marcará el interés económico que en el plazo apuntado puedan tener las maderas, las leñas, o el ganado, respectivamente.

#### 7.1.4.7.2. Montes bajos degradados

En relación con la tipificación dasométrica que de los montes bajos se ha apuntado en epígrafes anteriores, se han excluido de la posibilidad de aplicar resalveos de conversión a los que hemos denominado montes bajos degradados. La mejora de éstos dependerá a su vez de su origen y tipología.

En casos excepcionales, los montes bajos degradados pueden tener su origen en una importante limitación estacional, como puede ser el límite altitudinal superior para algunos rebollares que no pasan del porte arbustivo, o la escasa profundidad y alta pedregosidad del suelo que da lugar a encinares de muy escasa talla. En esta situación no cabe ninguna actuación de mejora.

Sin embargo, al poseer una gran capacidad de regeneración los montes bajos, aún en aspecto lamentable y degradado, son muy abundantes en España. Estos montes bajos degradados proceden de prácticas anticulturales reiteradas e históricas (cortas sin acotado al pastoreo, roturaciones para cultivos agrícolas, incendios periódicos y combinación sucesivas de las tres acciones mencionadas).

Sin pretender agotar todos los casos posibles, se proponen algunas directrices y alternativas en este sentido para las tipologías más frecuentes:

A.- Caso de montes bajos con alturas inferiores a 2 m, edad superior a 10 años, fracción de cabida cubierta mayor de 50%, localizados en zonas ganaderas y con pendientes suaves. Para esta tipología se puede proponer el mantenimiento del pastoreo, quien con su ramoneo mantendrá la morfología de la masa y por razón de la fisiografía no son de

esperar fenómenos erosivos. La mayor frecuencia de este caso se corresponde con el rebollo.

B.- Caso similar al anterior pero con pendientes acusadas o con ausencia de ganadería. En esta situación puede plantearse el cambio de especie mediante repoblación forestal, lo que tiende a acabar en una masa mixta. Posibles tratamientos de mejora en el monte bajo degradado, como rozas completas o parciales, decapados completos o parciales, subsolados combinados con lo anterior, etc..., no han sido suficientemente ensayados hasta la fecha. En estaciones de rebollar las especies a elegir, según el estado de degradación del suelo, pueden ir hacia un "enresinamiento" con pino rodeno o silvestre o hacia un "enriquecimiento" con cerezo, haya o robles (los términos entrecomillados son traducción literal del francés).

C.- Caso de masas con alturas inferiores a 2 m, edades superiores a 10 años, fracción de cubida cubierta alrededor de 50%, en cualquier localización, más frecuentemente de encina. En este caso se ha comprobado como eficaz realizar un recepe completo o parcial y aplicar un estricto acotado al pastoreo. La brotación es vigorosa y sobre ella, al cabo de 10 a 20 años puede iniciarse el resalveo de conversión. La forma de recepar debe ser lo más ajustada posible al suelo o incluso bajo su superficie, aplicándose a ambas operaciones la denominación de corta entre dos tierras (de Simón y Bocio, 1999).

D.- Masas incendiadas, independientemente de su tipología y especie. Los incendios forestales son relativamente frecuentes, y de difícil extinción, sobre los montes bajos por causa del pequeño tamaño del combustible y de su gran continuidad horizontal y vertical. Tras el paso del fuego y en función de su velocidad o intensidad, se produce la muerte de toda la parte aérea y en algunos casos quedan sobre fuste y ramas gruesas tejidos vivos.

En todas las situaciones, el correcto proceder consiste en la corta a hecho de toda la masa afectada, a ser posible antes del 1 de abril siguiente al incendio. Se trata de hacer que la brotación de la primavera siguiente sea lo más vigorosa y viable posible, que sea de raíz o de cepa, evitando la masiva brotación por epicórmicos desde tejidos de fuste o rama no afectados, o en caso de muerte total de la parte aérea, trastornos por parte de las leñas muertas sobre los brotes. En este sentido, se puede entender que el incendio es un equivalente a un recepe clásico, aunque fuera de la edad del turno y fuera de la época más adecuada.

#### 7.1.4.7.3. Claras en coníferas

Para poder formular recomendaciones de tipo general sobre la correcta aplicación de las claras en masas regulares de coníferas, más concretamente pinares, en España, es preciso tipificarlas según tres criterios diferentes: objetivo preferente de la masa; origen de la misma; y temperamento de la especie principal.

Según el *objetivo* preferente, las masas se clasificarán en: protectoras; productoras de madera; productoras de resina; y productoras de frutos.

Según el *origen* de la masa, la clasificación es en: naturales y artificiales.

Según el *temperamento* de la especie principal en: muy intolerantes (pino carrasco, pino rodeno, pino piñonero) o algo tolerantes (pino silvestre y pino laricio).

Como en principio caben todas las combinaciones posibles, comentaremos los casos con mayor representación territorial.

### 1.- Masas naturales productoras de madera.

Este tipo de masas se corresponden con los dos grupos de temperamentos.

Para las especies algo tolerantes, pino silvestre y pino laricio, el tratamiento que las ha dado origen suele ser el aclareo sucesivo uniforme, la densidad inicial a la edad de latizal es conveniente que haya sido alta, normalmente superior a los 3.000 pies/ha. La propuesta de claras para esta situación depende en gran medida de la calidad de la estación, y puede ser obtenida de las tablas de producción publicadas. No obstante damos algunas características de tipo general:

\* en relación con el *tipo*, que sean mixtas a causa de requerir frecuentemente eliminar pies correspondientes a la masa incorporada durante las cortas de aclareo sucesivo, que tienden a comportarse como árboles "lobo". Se denomina como árbol "lobo" en los textos de selvicultura a aquellos pies que con un tamaño mayor que los que le rodean por causa de una edad superior, tienen menor vigor que ellos, por lo que les trastorna en su desarrollo. No hay que confundirlos con los predominantes, que con edad igual al conjunto han adquirido gran superioridad y mantienen su vigor.

\* en relación con el *peso*, que sean moderadas para no introducir discontinuidades bruscas en el crecimiento diametral de los pies seleccionados y mantener la poda natural buen ritmo.

\* en relación con la *naturaleza*, que sean selectivas, pues es frecuente que la espesura sea muy diferente de unos bosquetes a otros.

\* para la edad de la *primera clara*, aplicar el criterio de que la razón de copa se encuentre entre 40% y 30%, hasta tanto no se mejoren los criterios sobre la esbeltez.

\* para las *rotaciones*, aplicar de 10 a 15 años entre los 20 y 60 años de edad, y de 15 a 20 años entre los 60 años y la cercanía al turno.

Para las especies intolerantes con producción preferente de madera, pino rodeno, pino carrasco y pino piñonero, el tratamiento de origen suele ser la corta a hecho en dos tiempos o el aclareo sucesivo uniforme de alta intensidad, por lo que son masas que tienden a coetáneas. Las recomendaciones generales, teniendo presente que existen tablas de producción para el pino rodeno, son:

\* en relación al *tipo*, que sean bajas por causa de ausencia de masa incorporada y por temperamento robusto.

\* en relación al *peso*, que sean fuertes, pues en estas especies, en general, no interesa tanto la calidad de la madera como la cantidad y la posibilidad de acortar el turno.

\* en relación a la *naturaleza*, que sean selectivas por la irregular repartición espacial de los pies.

\* para la edad de la *primera clara*, aplicar el criterio del índice de Hart aportado por las tablas de producción en función de la calidad o la razón de copa cuando baje del 40%.

\* para las *rotaciones*, y teniendo en cuenta el peso fuerte y los turnos relativamente cortos, se propone 15 años.

## **2.- Masas artificiales productoras de madera.**

Para este caso valen las recomendaciones del punto anterior, matizando que las densidades de plantación (entre 1.000 y 2.000 pies/ha, según temperamentos) habrán sido proyectadas para conseguir que la primera clara no se haga necesaria hasta los 25 o 30 años (entre 700 y 1500 pies/ha al inicio del latizal) para las especies de crecimiento lento o autóctonas, por lo que la única diferencia sería el retraso en la ejecución de la primera clara, equivalente a aplicar una clara menos en la planificación global.

## **3.- Masas naturales o artificiales productoras de resina o frutos.**

El caso especial de las masas regulares de pino piñonero con producción preferente de piñón requiere desde el inicio de la fructificación espesuras incompletas, independientemente del origen de la masa, por lo que Yagüe (1994) propone que a la edad de 25 años queden únicamente en pie unos 200 pies/ha, 125 pies/ha a la edad de 50 o 60 años, que se mantiene hasta un turno del orden de los 100 años.

Las masas en resinación que actualmente existen en España son muy escasas, por lo que no parece razonable aplicar los clásicos criterios de claras, que prácticamente se reducen a aplicar una clara muy fuerte a la edad de 20 a 30 años dejando 200 a 400 pies/ha.

## **4.- Masas protectoras, normalmente artificiales.**

Las masas de pinar artificiales con objetivo preferente de protección del suelo frente a la erosión son muy abundantes en España, del orden de dos millones y medio de ha. En el presente la mayor parte de ellas tienen en la actualidad entre 40 y 20 años, por lo que la ejecución de claras sobre las mismas debería ser una de las ocupaciones principales de la gestión forestal. Una característica común a todas ellas tiende a ser la mala calidad del suelo, degradado por erosión en largas etapas antes de su repoblación. Sin embargo puede haber importantes variaciones en cuanto a: temperamento; densidad inicial; y regularidad del marco de plantación.

La aplicación de las claras en este caso plantea la paradoja de que si bien es necesario reducir la espesura para mejorar la estabilidad biológica y mecánica, dicha reducción y los trabajos asociados merman la capacidad de la masa para defender el suelo de la erosión hídrica. La regla general será, en relación con los planes de claras, que sean frecuentes y moderadas o débiles. Recomendaciones más detalladas pueden ser:

\* en relación con el *tipo*, que siempre sean por lo bajo, no sólo por el temperamento robusto de la mayor parte de las especies, sino por la mala calidad de la estación. Sin embargo, en masas naturales protectoras de especies relativamente tolerantes, puede ser más eficaz desde el punto de vista de la defensa del suelo, mantener cierta espesura en el

estrato dominado, aplicando claras mixtas. Las claras altas no tienen sentido en ningún caso de protección.

\* en relación con el *peso* es donde se plantea con más intensidad la paradoja apuntada por varios motivos:

- es conveniente, a través de la ejecución de las claras, inducir o potenciar la presencia de otras especies para generar masas con subpiso, lo que se consigue con mayor eficacia mediante claras fuertes. No es infrecuente que bajo la cubierta lograda artificialmente en las repoblaciones protectoras con especies de pino, se produzca de forma natural la regeneración de otras especies arbóreas de temperamento más delicado, frondosas, que puede ser estimulada con claras sobre la masa principal.

- se debe limitar el peso para no comprometer la función protectora, pero esto obliga a operaciones que no se autofinancian y a unas rotaciones más bajas.

- la prevención de incendios a través de los desbroces asociados con las claras reducen la función protectora.

Tratando de conseguir el doble objetivo contrapuesto de reducir la competencia con bajos costos de ejecución por una parte y de mantener la capacidad de defensa del suelo por otra, se proponen tres criterios generales con aplicación independiente o combinada, de intención conservadora y resultados eficaces:

- no superar una extracción mayor del 20% del área basimétrica inicial. Este es un criterio muy generalista y acreditado en la mayor parte de los textos de selvicultura. Combinado con aplicación de claras por lo bajo suelen conducir a una extracción superior o igual al 33% de la densidad e inferior al 50% de la misma, y no reduce excesivamente la fracción de cabida cubierta.

- la clara, evaluada en valor absoluto de la densidad, no debe subir el índice de Hart de la masa en más de un 5%. Este criterio que se debe a Pita (1991), es posible extenderlo a todas las especies forestales españolas importantes y es concordante con propuestas particulares planteadas en muchas tablas de producción de comarcas y especies españolas.

- para un diagnóstico sobre el estado de espesura de las masas artificiales de diferentes pinos españoles, recogemos la siguiente tabla, debida a Pita (inédito), que indica los intervalos (valor inferior mejor calidad de estación, valor superior peor calidad de estación) del índice de Hart que tienen las masas artificiales en espesura normal:

|   |          |
|---|----------|
| <i>Pinus uncinata</i>                           | 26 a 30% |
| <i>Pinus sylvestris</i>                         | 27 a 32% |
| <i>Pinus nigra</i>                              | 28 a 35% |
| <i>Pinus pinaster</i> subsp. <i>atlantica</i>   | 30 a 45% |
| <i>Pinus pinaster</i> subsp. <i>mesogeensis</i> | 35 a 45% |
| <i>Pinus halepensis</i>                         | 40 a 55% |

El autor propone restar un 10% (valor absoluto) a los valores anteriores para masas naturales, por lo que aplicado en masas artificiales donde el estudio de la calidad del suelo acredite unas buenas propiedades, se puede aceptar esta modificación. Otros valores de

intervalo del índice de Hart, aunque para masas naturales y de temperamento de sombra, pueden servir para comparar: abeto, de 16% a 18%; haya, de 17% a 20%. Las cifras mencionadas en este punto, u otras tomadas de las tablas de producción, sirven además de para fijar pesos de claras en casos concretos, para diagnosticar sobre la necesidad de aplicar claras, sea la primera o las siguientes.

\* en relación con la *naturaleza*, las claras sobre masas artificiales protectoras o no, pueden ser sistemáticas por razón de la localización de los pies, lo que no resulta inconveniente y da como resultado una clara mixta si la homogeneidad de la estación, y por tanto de la masa es alta. Un aspecto relacionado con esta cuestión en las masas artificiales se refiere a la necesidad de aplicar claras en casos especiales de marco de plantación: deshermanamientos de pies dobles o triples, lo que obliga a claras sistemáticas del 50% de la densidad, independientemente de la espesura; marcos de dimensiones muy desiguales en preparaciones del suelo por aterrazado, donde la competencia entre pies de una misma fila es mucho mayor que la que existe entre filas.

\* en relación con la edad para la *primera clara*, salvo los casos mencionados de marcos especiales, se aplicarán los criterios de la razón de copa o de índice de Hart, con la recomendación particular para estas masas de no retrasar excesivamente este momento.

\* para las *rotaciones* la cifra más adecuada estará entre 10 y 15 años.

#### 5.- Tratamientos preventivos de incendios.

Las masas de pinar regulares en edades de monte bravo y latizal, a causa del tamaño de los pies, de la continuidad vertical y horizontal, y de la presencia de matorral, presentan riesgo de alta velocidad de propagación de incendios, independientemente de su origen. La estrategia consistirá en cambiar el modelo de combustible (Vélez, 1990) a través de la aplicación simultánea de:

- claras que, bajo este punto de vista, deberían ser por lo bajo y débiles para conseguir: disminución de la continuidad vertical; que la velocidad del viento no crezca dentro de la masa; mantener alta la humedad relativa; y reducir o retrasar la invasión del matorral heliófilo.
- podas hasta la mitad de la altura media de la masa, siempre que ésta supere los 5 metros, y afectando en todo caso a las ramas muertas por poda natural.
- desbroces selectivos por roza de las especies de mayor inflamabilidad.
- eliminación o tratamiento de todos los despojos producidos en las operaciones anteriores. Preferentemente se ejecutará por astillado para que las astillas depositadas en el suelo, que arden con gran dificultad, retrasen la invasión del suelo por el matorral y las herbáceas. Se ejecutará antes del final de mayo, lo que junto con las podas que van asociadas a las claras, condicionan que estas últimas deban ser ejecutadas en otoño, invierno y principio de la primavera.

#### 7.1.4.8. Época de ejecución de las claras

En principio, la ejecución de las claras no está condicionada, en cuanto al momento de apeo dentro del año, por razón de la maduración o dispersión de las semillas, al no ser una corta de regeneración.

Tampoco está condicionada la época por los efectos sobre la calidad de la madera cuando se trata de pies de pequeño diámetro, que se aplicarán a transformaciones industriales de trituración.

Sí se debe condicionar la época de corta cuando la presencia de la madera recién apeada en el monte pueda favorecer la progresión de plagas de perforadores o de enfermedades.

Por otra parte, lo que más frecuentemente condiciona la época de ejecución de las claras es el hecho de que se ejecuten podas a continuación, sobre pies de la masa resultante, y de que no es conveniente que los despojos permanezcan en el monte durante el verano, todo lo cual conduce a que la época adecuada para realizar claras sea el otoño, el invierno y el principio de la primavera.

#### 7.1.5. Podas

La poda consiste en la supresión de ramas de los árboles en pie, sean muertas o vivas, de forma artificial, para conseguir un objetivo concreto que puede ser uno o varios de los siguientes:

- \* incrementar la producción forestal de productos no maderables (corcho, frutos o resinas) o mejorar la calidad de los productos maderables.
- \* atender a una mejora sanitaria suprimiendo ramas afectadas por plagas o enfermedades.
- \* obtener algún aprovechamiento de las ramas, como leña, ramón, ramos decorativos o recogida de semillas.
- \* reducir el riesgo de incendio forestal en determinadas masas.
- \* reducir la resistencia frente al viento, evitando derribos, objetivo que sólo se da en contadas estaciones y masas.
- \* equilibrar el sistema aéreo con las mutilaciones del sistema radical cuando se realizan trasplantes de pies desarrollados, cuestión propia de la jardinería.
- \* conseguir un porte diferente del natural, normalmente por motivos estéticos, lo que no es frecuente en Selvicultura, aunque sí lo es en la denominada Selvicultura Urbana.
- \* evitar daños al regenerado en el apeo de grandes pies, aunque esta operación más que una poda debe considerarse un caso especial de desrame en los aprovechamientos forestales.

pasa por una desinfección de dichas herramientas, por ejemplo con alcohol de quemar, al cambiar de árbol. En algunos casos justificados por el bajo número de pies podados o por la necesidad de cortar ramas muy gruesas, puede estar indicado aplicar sobre la herida de poda un mastic protector que reduzca el riesgo de afección por patógenos.

Otros factores que influyen en la velocidad del proceso de cicatrización de las heridas de poda son:

- \* el crecimiento de la especie, y a igualdad de especie y estación, el vigor vegetativo del pie afectado. Cuanto mayor sea el crecimiento y el vigor, antes se cicatriza la herida.
- \* el tamaño de la herida de poda, siendo la velocidad de cicatrización mayor cuanto más pequeña la superficie.
- \* la intensidad de la poda, de modo que en un mismo pie, la velocidad de cicatrización será mayor cuanto menor sea el número de ramas afectadas.
- \* la presencia de ramas verdes en la cercanía de la herida, que favorecerá la cicatrización.

Los *efectos de la poda* o corta de ramas verdes sobre los árboles se pueden resumir como sigue:

- \* La reducción de la superficie foliar provoca un desequilibrio entre la parte aérea y el sistema radical, mayor cuanto más intensa sea la poda, que en general tiende a reducir el crecimiento del árbol. Por tanto, esta intensidad debe mantenerse en unos límites razonables para que el trastorno no sea excesivamente duradero. En especies que carecen de yemas proventicias, una supresión completa de la copa provoca la muerte del árbol. En casi todas las especies una reducción del 60% de la copa viva provoca una reducción persistente del crecimiento diametral (Schütz, 1990). Si la poda afecta entre el 50% y el 30% y la estación es de calidad, la reducción del crecimiento diametral es tolerable y transitoria. Sin embargo, si la reducción es de menos del 30% y afecta a ramas que van a entrar en poda natural, puede producirse un efecto positivo sobre el crecimiento diametral.
- \* El efecto de la poda sobre la reducción del crecimiento en altura es menos patente que sobre el crecimiento en diámetro. Además, los pies afectados por podas intensas tienden a perder dominancia en el conjunto de la masa. También para el crecimiento longitudinal, una poda moderada puede traducirse en una mejora del mismo.
- \* El coeficiente mórfico del fuste de los árboles podados tiende a aumentar, al ser el crecimiento diametral relativo máximo en la sección inmediatamente inferior a la inserción de las ramas verdes.
- \* Al no dejar la corta de ramas verdes que se produzca la poda natural, las maderas de los árboles podados tienden a tener una mayor proporción de volumen de calidad, sin nudos saltadizos, sin deformaciones en la fibra, mayor resistencia a la tracción o sin cambios de color. La proporción de madera de calidad, una vez efectuada la poda, es función del diámetro de la troza en el momento de la poda ( $d$ ) y de su diámetro en el momento del apeo ( $D$ ). Dicha proporción será mayor cuanto mayor sea  $D-d$ .

\* Una poda moderada tiene el efecto sobre el pie en que se aplica de aumentar su fructificación, al reducirse el número de ramas, las restantes quedan mejor abastecidas de savia bruta. Este efecto tiene gran importancia en las podas aplicadas en fruticultura, y dentro de la selvicultura cuando la producción preferente sean los frutos.

\* En las especies con yemas proventicias, toda poda tiende a inducir la emisión de brotes epicórmicos, proporcional a la intensidad de la poda, y que puede quedar retardada si la poda se efectúa en otoño. La supresión de brotes epicórmicos debe ser atendida mediante escamondas para evitar que su excesivo desarrollo modifique irreversiblemente la forma natural de la copa en unos casos o la pérdida de calidad de la madera en otros.

En cuanto al *modo de efectuar los cortes*, ya se ha apuntado que deben ser lisos, verticales, pegados al fuste sin dejar muñones y de la menor superficie posible. En las ramas gruesas es necesario efectuar entalladuras previas al corte definitivo para evitar desgarros de la corteza al caer la rama.

Finalmente, hay que hacer una referencia a la *época* de ejecución de las podas. La época será, con carácter general, a savia parada. Muy excepcionalmente se puede proceder cortando en verano o principio del otoño. Dentro de la paralización vegetativa, es preferible acercar la época de poda al momento de la brotación, para evitar que las heladas invernales afecten a los tejidos desde los que se inicia la cicatrización. Cuando se prevén brotaciones de epicórmicos, la época de poda se puede fijar en el otoño.

#### 7.1.5.4. Aplicaciones prácticas de las podas

La forma de programar y ejecutar las podas en Selvicultura es muy variable en función de la especie, del objetivo de la poda, la producción preferente de la masa y de su tratamiento general y método beneficio. Se apuntan a continuación algunas directrices de interés para el caso que nos ocupa, prescindiendo de las podas en la mejora de la calidad de las maderas.

##### 7.1.5.4.1. Podas para producción de fruto en dehesas

Se aplican preferentemente a la encina con objeto de aumentar la producción de bellota en la dehesa. Las podas son de dos tipos:

\* *poda de formación*, también llamada talla, que se aplica una sola vez en la vida del árbol, cuando tiene entre 15 y 25 años en chirpiales y entre 30 y 40 años en brinzales, y dimensión suficiente (del orden de 15 cm de diámetro). Consiste en formar la copa de árbol dejando tres ramas insertadas a 3 ó 4 metros de altura, distribuidas regularmente en planta y con una inclinación respecto de la horizontal de 30°.

Las podas de formación son muy intensas e inducen la formación de brotes chupones, especialmente en la cruz, que serán controlados mediante las podas de conservación o mantenimiento. La copa queda en forma de corona circular que, al estar mejor iluminada en su conjunto y predominar las ramas colgantes perimetrales, producen mucha mayor cantidad de bellota.

\* *podas de conservación*, cada 6 a 10 años, una vez formada la copa, las podas de mantenimiento se ocupan de eliminar los brotes chupones y clarear la copa por dentro.

Producen ramón y leña, pero deben ser vigiladas para que no se corten ramas de más de 15 cm de diámetro.

La época de ejecución de los dos tipos de poda debe ser entre primeros de diciembre y el 15 de febrero.

#### 7.1.5.4.2. Podas para la producción de corcho en alcornoques

Son podas muy parecidas a las descritas para la encina aunque con variantes en cuanto a objetivo y ejecución. El objetivo es que la superficie de descorche, presente y futura, del árbol sea máxima y accesible. Para ello se realizan los siguientes tipos de poda:

\* *poda de formación*, una única intervención en la vida del árbol, a partir de la edad de 20 años, para dejar 2 ó 3 ramas bien distribuidas en una cruz a 3 ó 4 m de altura, con una inclinación respecto de la horizontal de 45°. A su vez, las ramas escogidas se limpiarán de ramas menores en una longitud del orden de 1,5 m desde su inserción.

\* *podas de conservación*, que consistirán en la eliminación de los chupones que salgan sobre la superficie de descorche, por lo que su período coincide con el turno de descorche, podando las ramas finas al año siguiente del descorche y las gruesas en la mitad del turno.

En ambos casos las podas se harán a savia parada y con desinfección de las herramientas para evitar la propagación de *Hipoxilon mediterraneum*.

#### 7.1.5.4.3. Podas para la producción de fruto en pino piñonero

Se trata de podas de formación o tallas, también llamadas *olivaciones*, realizadas a la edad de fustal bajo o latizal alto, para aumentar la producción de fruto. En esta edad la copa del árbol está próxima a coronar y es oblonga y densa. Se procede "subiendo la copa" podando los verticilos inferiores y aclarando en la zona interna, quitando las ramas que no alcanzan el perímetro de la copa.

Con esta forma de proceder: se reduce la superficie foliar en beneficio de las ramas mejor iluminadas y las de la parte superior de la copa, que son en esta especie las que mayor número de flores femeninas producen; y mejora el rendimiento de los piñeros.

La ejecución de la olivación será a savia parada y, el no generar brotes chupones esta especie, hace, en principio, innecesario aplicar podas de mantenimiento. Sin embargo, el posterior desarrollo de ramas dominantes dejará ramas dominadas que pueden ser conveniente suprimir.

#### 7.1.5.5. Monda

Se definió con este término a una operación que consiste en eliminar todas las ramas del árbol excepto la guía principal.

Es una práctica que se puede considerar como anticultural, que paraliza el crecimiento volumétrico, disminuye el coeficiente mórfico y provoca abultamientos de cicatrización en el fuste con gran pérdida de calidad de su madera.

Se aplica en especies capaces de emitir brotes epicórmicos, como chopos, rebollos, sauces y fresnos, para producir ramón para el consumo del ganado, por lo que su ejecución se realiza en verano o principio de otoño, lo que agrava el trastorno fisiológico. El turno, no reglado, de esta práctica es de unos tres años.

Como su aplicación se hace sobre individuos aislados, nunca sobre masas, situados en vegas o arroyos o sobre pies situados en las lindes de diferentes propiedades, la práctica de la monda contribuye a mantener la copa reducida evitando un asombamiento excesivo sobre los pastos o cultivos colindantes. Constituyen los árboles mondados un elemento muy característico del paisaje en zonas ganaderas.

La reducción de la ganadería extensiva y la forma en que se ha practicado la monda sobre pies dispersos, hacen que esta práctica anticultural no sea preocupante.

## 7.1.6. Tratamientos parciales sobre el suelo

### 7.1.6.1. Laboreos

Se engloban en el término *laboreo* a todas las operaciones que se realizan de forma mecánica sobre el perfil edáfico, cuyo objetivo puede ser uno o varios simultáneamente de los siguientes:

- \* control o eliminación del herbazal o del matorral, para favorecer o preparar la regeneración, siendo un objetivo que también se incluye en los tratamientos parciales sobre el suelo, equivaliendo a una escarda o un desbroce.

- \* mejorar la permeabilidad del suelo mediante mullido, lo que al reducir la resistencia mecánica y aumentar la aireación, permite mejorar la penetración de los sistemas radicales.

- \* disminuir las pérdidas de agua por evaporación.

- \* aumentar la profundidad útil del perfil y por tanto la capacidad de retención de agua.

- \* incorporar al suelo restos orgánicos para favorecer su descomposición y humificación.

En cada caso, el objetivo y tipo de laboreo dependerá, por tanto, de la forma de la vegetación que exista, del grado de evolución del suelo y de la propiedad o característica del suelo que se pretenda mejorar.

La fisiografía, la pedregosidad superficial y dentro del perfil, y el coste de las labores, son tres causas que dificultan la aplicación de estas operaciones, por lo que resultan ser más frecuentes en la selvicultura intensiva, donde se compensan los costos con los altos rendimientos económicos; en suelos llanos, en los que no hay riesgo de erosión; y en general, cuando la espesura es clara, para permitir la mecanización.

Los tipos de laboreo se pueden clasificar en:

- *escarificaciones*.- La profundidad que se alcanza es la más escasa, de 5 a 10 cm, mezclando la parte afectada del perfil. Se realizan con gradas o cultivadores de poco peso y

arrastrados, o con rotovator o motozadas de poco radio y potencia. Se aplican para realizar escardas, para enterrar restos orgánicos de pequeño tamaño y poco abundantes, para suprimir costras superficiales provocadas por compactación a causa de aprovechamientos o pastoreo, y para evitar la evaporación.

Su efecto sobre el perfil es muy ligero y transitorio. su aplicación está más frecuentemente ligada a favorecer la germinación en la regeneración natural, y están limitadas por una presencia de matorral denso o por pedregosidad superficial o pendiente altas.

- *binas*.- También se denominan *gradeos*. La profundidad afectada es de 10 a 20 cm, mezclando los horizontes. El apero utilizado es una grada de mayor peso que en el caso anterior. Las razones de su aplicación son las mismas que las enumeradas para las escarificaciones, consiguiendo los efectos deseados de una manera más eficaz, especialmente la reducción de la evaporación del agua desde el suelo. Con este último objetivo, se aplicarán después de las lluvias primaverales y antes del estiaje.

- *alzados*.- El alzado o laboreo profundo se realiza con arado de vertedera o de discos, mezclando o invirtiendo horizontes del suelo hasta una profundidad de 20 a 50 cm. El efecto de este tipo de labor es muy intenso, rejuvenece el estado evolutivo del perfil y afecta a los sistemas radicales y al estado de la micorrización. Por tanto, su aplicación en los montes únicamente es posible tras una corta a hecho y no resulta interesante ni deseable en la mayoría de los casos. Únicamente puede tener efectos favorables, y por este motivo se describe este tipo de laboreo, en podzoles o en aquellos suelos en los que los horizontes superiores hayan adquirido demasiada compacidad, donde el rejuvenecimiento del perfil mejora sus propiedades en relación con el crecimiento de la vegetación.

- *subsolados*.- Consisten en dar cortes perpendiculares a la superficie del suelo de modo que se alcance una profundidad de 40 a 60 cm. El apero que realiza el subsolado se llama subsolador o ripper. Su efecto, al no alterar la disposición natural de los horizontes, es favorecer la penetración de las raíces y la velocidad de infiltración del agua superficial, aumentar la profundidad útil del perfil y por tanto la capacidad de retención de agua. Contribuyen a meteorizar horizontes impermeables y capas consistentes de roca madre, mejorando la calidad de la estación. Se aplican tras las conas de regeneración en monte alto regular para mejorar las propiedades físicas del suelo.

### 7.1.6.2 Enmiendas

Se aplica el término *enmienda* a la actividad conducente a la corrección duradera de alguna propiedad del suelo de carácter químico.

La que puede ser más frecuente en silvicultura es la corrección de una excesiva acidez por aporte de carbonato cálcico (por su efecto más duradero y favorable en los suelos forestales que el del óxido de calcio o cal viva), corrigiéndose a su vez la deficiencia de calcio, pues suelen coincidir los suelos ácidos con litofacies con escasa presencia de este elemento. Se trata de la enmienda caliza.

La práctica más común de la enmienda caliza es el empleo de carbonato cálcico finamente dividido, procedente de rocas, en dosis del orden de 5 a 7 T/ha, para subir una unidad un pH del orden de 5 durante 15 a 20 años, hasta una profundidad de 40 a 50 cm.

en texturas equilibradas. Esta cifra debe tomarse como una orientación muy general, siendo más correcto realizar un estudio de la dosis adecuada a cada caso, la que variará en función de: tiempo del efecto de la enmienda; profundidad edáfica afectada; textura; régimen pluviométrico y térmico de la estación; valor del pH inicial y final.

La caliza se distribuye en cobertera de forma homogénea por toda la superficie a tratar, mediante remolques distribuidores o abonadoras centrifugas, y se puede acelerar su incorporación con una escarificación o bina posterior.

Los efectos de la reducción de la acidez en el suelo y del incremento de calcio son: mejor asimilación del fósforo por las plantas; aceleración de la descomposición de los residuos orgánicos y de la humificación; formación de humus cálcico, más estable y saturado; y reducción de la relación C/N, todos ellos conducentes a una mejor nutrición de la masa forestal y a la creación de una estructura grumosa estable que favorezca el equilibrio permeabilidad/capacidad de retención de agua. El interés de las enmiendas calizas en selvicultura estará normalmente ligado a una tendencia natural a la podzolización del suelo y a ensayos previos, dentro de la selvicultura intensiva, que acrediten su rentabilidad.

Otro tipo de enmienda que se suele plantear en suelos agrícolas o de viveros forestales, la enmienda orgánica o enmienda húmica, realizada habitualmente por aporte de estiércol o compost, no es razonable aplicarla en suelos forestales. Las altas dosis de producto a aplicar por unidad de superficie para que el efecto sea notorio, la necesidad de incorporar el estiércol al suelo por laboreo, y la escasez de resultados en relación con el coste de esta operación, son los motivos que aconsejan no aplicar las enmiendas orgánicas en la selvicultura.

Puede entenderse como enmienda de fertilidad la aportación importante de uno o varios nutrientes, que resulten claramente deficitarios en el suelo, para mantener su concentración en valores aceptables de una forma duradera. Sin embargo, esta práctica la consideraremos como una de las variantes de la fertilización.

### 7.1.6.3. Fertilización forestal

#### 7.1.6.3.1. Introducción

Está comprobado, al relacionar la fertilidad de los suelos y la práctica selvícola, que en la selvicultura extensiva con extracción preferente de madera el balance de los nutrientes en el suelo es favorable a su incremento por los siguientes motivos: la extracción de madera, en cuya composición la proporción de N, P y K es muy reducida en relación con la de C, H, y O, supone una extracción muy débil de los macronutrientes importantes; y porque los largos turnos que se aplican permiten que la incorporación de nutrientes al suelo (polvo atmosférico, descomposición química de la roca, fijación de N atmosférico,...) supere a las escasas exportaciones mencionadas anteriormente.

Por tanto, se puede plantear en principio que, dentro del campo de la selvicultura, la *fertilización*, entendida como la aportación de nutrientes al suelo para reponer las extracciones consecuentes a las cosechas, no es necesaria para asegurar la existencia de la masa, y estará justificada fijando sus posibles objetivos en alguno o varios de los siguientes: equilibrar composiciones que puedan conducir al bloqueo en la cadena trófica;

dar mayor resistencia o desarrollo a los regenerados; aumentar la producción bruta de madera u otras materias primas; corregir carencias (enmiendas de fertilidad).

Para mejor comprender los objetivos enumerados, a los que luego se les presta más atención, recordamos brevemente algunas cuestiones relacionadas con las necesidades nutritivas de las especies forestales (Bara, 1990):

- Se consideran macronutrientes de los vegetales: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre. A los tres primeros se les denomina primarios resaltando su importancia.
- La mayor parte del nitrógeno del suelo se encuentra en forma orgánica. Las plantas asimilan el nitrógeno en forma de ión nitrato, aunque las micorrizas lo pueden captar en formas amónicas. Se estima que las masas forestales absorben de 30 a 55 Kg/ha/año de N, retornando al suelo el 80% de esta cantidad por la caída de las hojas, quedando el 20% restante en la madera. El papel principal del N en la fisiología de los vegetales es formar proteínas, por lo que es el nutriente más limitante del desarrollo.
- El fósforo es absorbido por la planta en forma de ión fosfato ácido, teniendo las micorrizas un importante papel en solubilizar las sales de fósforo presentes en el suelo. Las masas arbóreas absorben de 4 a 12 Kg/ha/año de fósforo, retornando el 80% con el desfronde. Una buena nutrición en fósforo proporciona resistencia física en los tejidos vegetales.
- El potasio se absorbe en forma de  $K^+$ , es muy soluble en el suelo, tomando las masas arbóreas de 6 a 30 Kg/ha/año de este elemento, con un retorno a través del desfronde del 50%. El papel del potasio en la fisiología está relacionado con la síntesis de glúcidos y prótidos, dando a la planta resistencia fisiológica frente a heladas, sequías y enfermedades.
- Las necesidades de calcio para las especies forestales suelen ser cubiertas sin problema por las concentraciones naturales, absorbiendo entre 30 y 100 Kg/ha/año, con retorno del 75%.
- En general, tampoco suelen presentar problemas para el desarrollo de las plantas forestales las concentraciones naturales de los macronutrientes secundarios magnesio y azufre y de los micronutrientes (hierro, manganeso, boro, cobre, cinc y molibdeno).

De lo anterior se deduce que la fertilización forestal, salvo casos especiales, debe ocuparse del aporte de N, P y K, con dosificaciones y prácticas variables según el objetivo principal de la misma.

#### 7.1.6.3.2. Objetivos de la fertilización forestal

Los objetivos para fertilización forestal que se han enumerado anteriormente son:

\* *equilibrar las concentraciones de los nutrientes en el suelo para evitar bloqueos.* Este equilibrio es especialmente importante para asegurar un correcto reciclaje de los nutrientes en las masas forestales, indicado por que la relación C/N de la materia orgánica se mantenga en valores inferiores a 25, preferiblemente del orden de 10.

Como la causa de la elevación está ligada, además de al régimen térmico frío, a un exceso de acidez, indirectamente se puede corregir con encalados.

De una forma directa, la relación C/N puede reducirse con aporte de nitrógeno, preferentemente en forma de urea, no sólo por su menor coste, sino por pasar lentamente a formas asimilables.

En todo caso, para evitar este tipo de desequilibrios es conveniente mantener y fomentar la presencia de especies de leguminosas, capaces de fijar el nitrógeno atmosférico.

\* *favorecer el desarrollo de regenerados*. Para superar en el menor plazo posible las etapas juveniles de la regeneración, durante las cuales es mayor el riesgo de heladas, sequías y enfermedades, se puede aplicar en las clases de edad de repoblado y monte bravo un abonado en el que no falte el potasio.

El hecho de que el regenerado crezca rápidamente en las primeras edades no solo reduce los riesgos apuntados, sino que tiende a acortar los turnos de máxima renta en especie, reduce los plazos de acotado frente al ganado o la caza y contribuye a superar más rápidamente la edad de mayor riesgo de incendios.

\* *aumentar la producción*. Dentro de la selvicultura intensiva se ha comprobado en muchos casos un notable incremento de la producción maderable tras la fertilización con N, P y K. Se han obtenido los mejores resultados en estaciones de calidad mediana y con especies exigentes. Conviene, antes de proceder a una fertilización en grandes extensiones con este objetivo, ensayar con experiencias parciales diferentes dosis y productos y realizar un análisis financiero. Algunos ejemplos sobre experiencias de este tipo son:

- con *Pinus radiata* en el NE de España se han obtenido incrementos, sobre el testigo sin fertilizar, en la producción final, que van del 27% al 100%, con abonados de N, P y K (Quintanilla, 1973).

- con *Eucalyptus globulus* en Galicia se han obtenido incrementos, sobre testigo, en el volumen a los 13 años de 70%, con abonados mediante pastillado (Bara, 1990).

- con *Pinus pinaster* en las Landas francesas, deficitarias en fósforo, se ha conseguido duplicar la existencias al final del turno con aportes de este elemento (Lanier, 1986).

- sobre masas naturales de *Pinus sylvestris* en Suecia se han duplicado y hasta cuadruplicado los crecimientos tras la aplicación de abonos nitrogenados, urea y, más eficazmente, nitrato amónico (Hagner, 1973, en Lanier, 1986).

En los casos citados, y otros muchos que se pueden consultar en la bibliografía especializada, se comprueba que los resultados tan notables en la producción están siempre ligados a climas húmedos, es decir donde no es la humedad del suelo un factor limitante para el crecimiento de la vegetación, y si lo es la fertilidad edáfica.

Como efectos indirectos de la fertilización forestal para incrementar la producción maderable hay que tener presente: una pérdida de la densidad de la madera, lo que se traduce en pérdida de calidad para algunas aplicaciones; posible eutrofización de las aguas

drenadas por la cuenca en caso de exceso de superficie tratada y sobre todo por exceso de dosis aplicada; y efectos sobre el estado de micorrización de la masa. que para que no decaiga el abonado debe contar siempre con fósforo (Baule y Fricker, 1969).

En la dosificación del abonado, una vez conocida la concentración de los nutrientes en el suelo y el producto más adecuado, hay que tener presente la conocida relación entre el crecimiento de los vegetales y la concentración del nutriente, ya que no tiene porqué coincidir el máximo de producción con el óptimo de fertilización.

\* *corregir carencias de algún nutriente.* Es muy poco probable que en masas naturales se produzcan carencias de algún nutriente que comprometa el desarrollo de la vegetación. Sin embargo, esta circunstancia puede aparecer en masas artificiales y en viveros forestales.

La forma de diagnosticar una carencia notable en algún nutriente se puede realizar por: análisis foliares; analítica edáfica; y síntomas visuales sobre la vegetación.

A través de análisis foliares es la forma más precisa de determinar posibles carencias. La forma correcta de toma de muestras de hojas para realizar esta analítica, puesto que existen notables variaciones en la concentración de nutrientes en función del tiempo y de la localización de las hojas, es la siguiente: se tomarán hojas del tercio superior de la copa de árboles codominantes, en otoño para especies de hoja caediza, y en invierno para especies de hoja persistente.

Para tener una idea del orden de valor de los resultados de esta analítica que indican posibilidad de carencia nutricional, se dan las siguientes cifras, a interpretar en función de la frugalidad de las especies:

| ELEMENTO  | Puede existir deficiencia con valor inferior a: (% de peso sobre materia seca) |
|-----------|--|
| Nitrógeno | de 1,4 a 1,7%  |
| Fósforo   | de 0,1 a 0,2%  |
| Potasio   | de 0,4 a 0,5%  |
| Magnesio  | de 0,08 a 0,1%   |
| Calcio    | de 0,35 a 0,5%   |

El diagnóstico de carencias para la vegetación forestal a través del análisis de la concentración de los nutrientes en el suelo es más impreciso por tres motivos: las diversas técnicas de extracción de nutrientes que en laboratorio se emplean; las variables necesidades y respuestas de las especies forestales; y la acción de las micorrizas. Por tanto las cifras siguientes deben tomarse como una referencia de orientación:

| COMPUESTO                     | Suelo con deficiencias con valores medios ponderados inferiores a: |
|-------------------------------|--|
| Nitrógeno total               | 2 Kg/ha ó 0,02%  |
| P (método LEAF)               | 50 ppm.  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | 120 ppm.   |
| K                             | 50 ppm.  |
| K <sub>2</sub> O              | 120 ppm.   |
| Ca                            | 100 ppm.   |
| Mg                            | 50 ppm.  |

La diagnosis visual de deficiencias nutricionales es un método sencillo pero de mayor imprecisión que las analíticas anteriores. Hay que hacer las observaciones sobre hojas de pies dominantes, dentro del período vegetativo y descartando posibles afecciones por plagas o enfermedades. A pesar de la imprecisión, se indican referencias muy generales:

- *carencia de nitrógeno.*- Hojas y acículas de color amarillento y de tamaño más pequeño que el normal. La clorosis afecta a la totalidad de la hoja, con posible confusión con la clorosis potásica que puede ser intermitente. Fructificación débil e irregular.

- *carencia de fósforo.*- En resinosas, coloración de acículas en tonos verde-azulado, verde-violeta o verde-pardo rojizo, sobre todo en los extremos de las acículas y al final del verano. Terminan secándose y no se desprenden una vez secas. En frondosas aparecen coloraciones verde oscuro o rojizas en verano.

- *carencia de potasio.*- En resinosas, aparecen en las acículas coloraciones verde mate y pálido, luego amarillean, empezando por el ápice. Frecuentemente la clorosis es periódica con amarilleamiento más notable en otoño, invierno y principios de la primavera, pudiendo desaparecer en verano. En frondosas, primero color verde oscuro y después color bronce, con bordes amarillos y manchas pardas. Al final se secan por completo.

- *carencia de calcio.*- Es una carencia muy poco frecuente y descartable con el conocimiento de la litofacies. En todas las especies se detecta por un color pardo en la parte superior de la copa, mientras el resto permanece normal.

- *carencia de hierro.*- Se produce, normalmente, por bloqueo en la asimilación de este elemento en suelos fuertemente básicos y no por escasez del mismo. Se detecta por clorosis más patente en las zonas del limbo entre nervaduras. No es extraña su aparición en las primeras edades de las choperas plantadas en zonas calizas. Se corrige aplicando al suelo quelatos de hierro.

### 7.1.6.3.3. Práctica de la fertilización forestal

En cuanto a las características y composición de los *fertilizantes* más adecuados, hay que tener en cuenta para la práctica forestal: por una parte los efectos de cada uno

En distribución pie a pie se puede repartir la dosis practicando 4 hoyos de hasta 50 cm de profundidad por m<sup>2</sup> de superficie a tratar, donde se deposita el abono en profundidad.

\* *Aplicación de fertilizantes pastillados.*- Se puede aplicar la fertilización utilizando pastillas que quedan enterradas de forma localizada, en densidad y profundidad variable con: aplicación en nueva plantación o sobre masas instaladas; solubilidad de las pastillas; riqueza en nutrientes y volumen de las pastillas.

\* *Aplicación en bandas continuas.*- Entre la líneas de plantación, se pasa un ripper que, mediante la incorporación de tubo distribuidor y una tolva, permite localizar el abono en profundidad en cordones lineales. Esta es una práctica más habitual en populicultura.

En cuanto a la *época* de aplicación de la fertilización, es necesario para los abonados en cobertera y conveniente en los abonados enterrados, aplicar el abono entre 30 y 15 días antes del inicio del período vegetativo, lo que se tiende a corresponder, según climas, con los meses de febrero y marzo. Si el abono se distribuye en invierno las pérdidas por lavado a causa de la lluvia pueden ser altas. Si se distribuye en primavera y verano, la escasez de agua puede dificultar la solubilización y la alta tonicidad en la solución del suelo, provocando disfunciones en las raíces.

Finalmente, hay que indicar que la correcta *dosificación* de la fertilización forestal debe realizarse tras una precisa analítica del suelo y de las hojas de la masa, en su caso.

#### 7.1.6.4. Eliminación o tratamiento de despojos

No es habitual incluir las operaciones de eliminación de despojos dentro de los tratamientos parciales, sino entre las operaciones de los aprovechamientos forestales. Pero dado que la ausencia de esta eliminación puede suponer un riesgo para la persistencia de las masas, se considera correcta esta inclusión.

Se sitúa la eliminación de despojos junto con los tratamientos parciales aplicados al suelo porque, aunque los despojos provienen del vuelo, la mayor influencia de estas operaciones se producen sobre el suelo.

El *origen* de los despojos o restos vegetales muertos, a base de fustes de pequeño diámetro, ramas, riberones, ramillas y hojas, hay que buscarlo en la ejecución independiente o combinada de: desbroces, podas, clareos, claras o cortas de regeneración.

Cuando la cantidad, mas bien densidad, de despojos producidos sea escasa y la descomposición natural de los mismos sea rápida al favorecer el clima (humedad y calor) la acción de los organismos descomponedores del suelo, la eliminación de despojos puede no ser necesaria.

Sin embargo, en los casos en que no se produce la doble circunstancia enunciada, la presencia de despojos en el monte plantea alguno, o varios simultáneamente, de los siguientes inconvenientes, de los que se deduce el objetivo de esta operación:

- peligro de incendios, al ser los despojos un combustible potencial de alto riesgo por tener: pequeño tamaño; escasa humedad; disposición con continuidad vertical y horizontal; y alta aireación.

- fomento de plagas y enfermedades, especialmente insectos perforadores y hongos, al verse favorecidos los patógenos en sus ciclos reproductivos por disponer de abundante material de la especie principal en fase de secado.

- trastornos al diseminado y repoblado de las especies de luz, al reducirse la iluminación al nivel del suelo e imponer los despojos dificultades mecánicas en su desarrollo.

- dificultades del aprovechamiento pastoral del monte y obstáculos al tránsito para realizar tareas de aprovechamiento o de tratamientos.

- impacto paisajístico negativo.

En términos relativos a otras operaciones, la eliminación de despojos es siempre costosa y sus beneficios son indirectos, por lo que no se suelen ejecutar con la frecuencia debida en los montes españoles.

Los *métodos* de eliminación o tratamiento de despojos más usuales son los siguientes:

1.- *Quema*.- Ha sido el método tradicional y más extendido, manteniendo su utilidad en la actualidad en muchos casos. Admite dos variantes: quema a hecho y quema en montones.

La *quema a hecho* puede realizarse únicamente cuando se dan las siguientes circunstancias: suelos de reacción ácida, con textura equilibrada y bajo clima frío, para que la combustión no perjudique las propiedades edáficas; no existen grandes pendientes para que la quema pueda ser bien controlada y no se induzcan fenómenos erosivos tras la misma; se asegura que no hay daños sobre el arbolado, sea por su ausencia tras una corta a hecho, sea por una espesura y altura que eviten daños sobre las copas; se realice la quema en época adecuada, con temperaturas en el suelo bajas para reducir los daños sobre él, y con escaso riesgo de extensión del fuego a zonas colindantes (humedad relativa alta, viento de poca velocidad y temperaturas del aire moderadas).

En España este procedimiento de eliminación de despojos está prácticamente descartado en el tiempo y en el espacio, pues no es frecuente que todos los requisitos enumerados coincidan. Como ejemplo de su posible empleo se pueden citar algunos montes de la Cornisa Cantábrica, tras cortas a hecho de masas productoras de madera, con regeneración artificial y con condiciones fisiográficas y edáficas como las expuestas.

Al contrario, la *quema en montones* es un método muy extendido y conveniente en España. La forma correcta de ejecución de este método es: aplicarlo en condiciones meteorológicas adecuadas para que no exista riesgo de propagación de incendios forestales; señalar previamente los puntos donde se producirán las quemaduras; iniciar la combustión con poco material e ir suministrando poco a poco los despojos de las zonas próximas; dedicar la mañana a la quema y la tarde a la completa extinción de las hogueras; restringir la época de aplicación al final del otoño, invierno y principio de primavera, siempre que el tiempo actual o recientemente pasado haya sido lluvioso.

Las ventajas de la quema en montones se resumen en: no requiere una especialización por parte del personal ni de los equipos para aplicarlo; es un buen

mente justificado por una aplicación externa de los despojos, y de poca aplicación actual en la silvicultura española. Dentro de este procedimiento se puede inscribir, combinado con un troceado, la antigua práctica de extracción de leñas de copas por los vecinos de los pueblos tras las cortas de regeneración.

5.- *Aplicación de insecticidas.*- En casos de imposible o difícil aplicación de los procedimientos anteriores, el tratamiento de despojos procedentes de la masa principal, previamente apilados en montones, puede ser la aplicación de insecticidas que evitarán, únicamente, la proliferación de plagas de perforadores. Los montones así tratados permanecen en el monte para su descomposición natural.

Como conclusión final de lo relativo a la eliminación de despojos, hay que resaltar las cuestiones siguientes:

- es un problema importante en la gestión de los montes, especialmente los mediterráneos, que es preciso atender debidamente.
- la intensidad y el método de ejecución en cada caso dependerá de: la extensión del monte; la especie principal; la función preferente de la masa; el riesgo de plagas y enfermedades; el riesgo de incendios; el grado de evolución del suelo; y la climatología de la estación.
- la época de ejecución adecuada a cada caso debe ser determinada con precisión en función de: la climatología; el objetivo de la eliminación de los despojos, atendiendo preferentemente al riesgo de plagas e incendios; y al método empleado.
- independientemente del método a aplicar es conveniente: dejar que los despojos se sequen antes de su eliminación, si la época lo permite, para que las hojas se sequen y desprendan de modo que queden repartidas por el suelo y no sean afectadas por la eliminación; no pretender apurar en la limpieza de forma exhaustiva, pudiendo quedar sin tratamiento las ramas finas -que se descompondrán fácilmente de forma natural- y algunas localizaciones concretas -que pueden servir de refugio a cierta fauna-.

## 7.2. BIBLIOGRAFÍA

- Aunós, A. - 1991. Podas en masas de abeto de Douglas y pino laricio. *Revista MONTES*. nº 25 y nº 26. Asociaciones y Colegios de Ingenieros de Montes e Ingenieros Técnicos Forestales. Madrid.
- Bara, S. - 1990. *Fertilización forestal*. Colección Técnica. Serie Tecnoloxía nº 1. Consellería de Agricultura, Gandería e Montes. Xunta de Galicia. Santiago de Compostela.
- Baule, H. y Fricker, C. - 1969. *La fertilization des arbres forestières*. B.L.V. Munich.
- Blanco, A. - 1993. Incorporación de residuos astillosos al suelo: análisis de su evolución y consecuencias sobre el medio edáfico en los suelos de rañas de los Montes de Toledo. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales*. Vol. 2 (2) 1993. INIA. Madrid.
- Boudru, M. - 1989. *Fôret et Sylviculture: Traitement des fôrets*. Les Presses Agronomiques de Gembloux. Belgica.
- Bravo, J.A.; Sánchez, I. Y Serrada, R. - 2001. *Determinación de rotaciones óptimas en la aplicación de resalveos de conversión a monte alto en tallares de encina y de quejigo en la zona central de la Península Ibérica*. III Congreso Forestal Español. Granada, 25 a 28 de septiembre de 2001.
- Burschel, P. y Huss, J. - 1987. *Grundriss des Waldbaus. Ein Leitfaden für Studium und Praxis*. Pareys Studentexte 49. Parey. Hamburgo y Berlín.
- Capelli, M. - 1991. *Elementi di Sevicoltura Generale: governo, trattamento e cure culturali ai boschi*. Edagricole. Bologna.
- De Simón, E. y Bocio, I. - 1999. Modelo de restauración de encinares basado en el tratamiento de roza entre dos tierras del matorral de encinas. *Invest. Agr.: Sist. Recur. For.:* Fuera de Serie, nº 1.
- Hawley, R.C. y Smith, D.M. - 1982. *Silvicultura Práctica*. Ediciones Omega S.A. Barcelona.
- Hubert, M. y Courraud, R. - 1989. *Podas y formación de los árboles forestales*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.
- Lanier, L. - 1986. *Précis de Sylviculture*. Ecole Nationale du Genie Rural, des Eaux et des Fôrets. Nancy. Francia.
- Madrigal, A. et al. - 1985. *Estado actual de las investigaciones sobre claras. Primeros resultados obtenidos en una experiencia en masa artificial de Pinus sylvestris L. en el Sistema Central*. Comunicaciones INIA. Serie Recursos Naturales nº 42. INIA. Madrid.
- Montoya, J.M. - 1988. *La poda de los árboles forestales*. Ed. Mundi-Prensa, Colección Agroguías. Madrid.

- Pérez Gacia, F. y Martínez-I. abourde, J.B. - 1994. *Introducción a la Fisiología Vegetal*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.
- Pita, P.A. - 1991. Unidad Temática 8. Planes de cortas. in: *Seminario sobre Inventario y Ordenación de Montes*. Balsain, 20 a 30 de mayo de 1991. Tragsatec. Madrid.
- Quintanilla, P. - 1973. *Abonado del pino insignis*. Pub. de Extensión Agraria. Mº de Agricultura. Madrid.
- Rodríguez Soalleiro, R. 1995. *Producción de Pinus pinaster atlantica en Galicia*. Tesis Doctoral. E.T.S.I. de Montes. Madrid.
- Rojo, A. y Montero, G. 1996. *El pino silvestre en la Sierra de Guadarrama*. Mº de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.
- San Miguel, A. - 1985. Variaciones producidas en un pastizal arbolado con rebollos (*Quercus pyrenaica* Willd.) por claras de distinta intensidad. *Anales I.N.I.A. Serie Forestal*. nº9. 97-104. INIA. Madrid.
- San Miguel, A. - 1986. *Ecología, tipología, valoración y alternativas silvopascícolas de los quejigales (Quercus faginea Lamk.) de Guadalajara*. Tesis Doctoral. E.T.S.I. Montes. Universidad Politécnica de Madrid.
- San Miguel, A.; Montero, G. y Montoto, J.L. - 1984. Estudios Ecológicos y Silvopascícolas en un quejigal (*Quercus faginea* Lamk.) de Guadalajara. Primeros resultados. *Anales del INIA. Serie Forestal*. nº 8. INIA. Madrid.
- San Miguel, A. y Montoya, J.M. - 1984. Resultados de los primeros 5 años de producción de talleres de chopo en rotación corta (2 a 5 años). *Anales del Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. Serie Forestal*. nº 8-1984, pp. 73 a 91. INIA. Madrid.
- Schütz, J.P. 1990. *Sylviculture 1. Principes d'education des fôrets*. Pres. Pol. et Univ. Rom. Lausanne. Suiza.
- Serrada, R. - 1987. El sector forestal: estructura, aprovechamiento y conservación. in *Papeles de Economía Española. Economía de las Comunidades Autónomas. Castilla-La Mancha*. nº 5. 193-210. FFIES. Confederación Española de Cajas de Ahorro. Madrid.
- Serrada, R. - 1990. Los resalveos de conversión en monte bajo (*Quercus ilex* L., *Q. pyrenaica* Willd., *Q. faginea* Lamk.) en Castilla-La Mancha. in *Los Montes de Castilla-La Mancha*. Colección Estudios. Universidad de Castilla-La Mancha. Cuenca.
- Serrada, R. - 1991. Tratamientos de monte bajo. Tratamientos de monte medio. in *I Curso Superior de Especialización sobre Selvicultura Mediterránea*. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. Granada.
- Serrada, R. - 2002. *Apuntes de Selvicultura*. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Forestal. Madrid.

- Serrada, R.; Allué, M. y San Miguel, A. - 1992. The coppice system in Spain. Current situation, state of art and major areas to be investigated. *Annali dell'Istituto Sperimentale per la Selvicoltura*. Vol. XXIII. 1992. 266 - 275. Proceedings of the workshop "Improvement of coppice forests in the mediterranean region", Arezzo, september 24-25, 1992. Arezzo. Italia.
- Serrada, R.; Bravo, A. y Revilla, C. - 1995. Informe anual del Grupo de Trabajo 05 (UPM) para el Proyecto MEDCOP. in *2nd. General Meeting of the MEDCOP Project*. Septiembre de 1995. Departamento de Silvopascicultura UPM. Madrid y Bragança.
- Serrada, R.; González Doncel, I.; López Peña, C.; Marchal, B.; San Miguel, A. y Tolosana, E. - 1993. Tipificación dasométrica de rebollares (*Quercus pyrenaica* Will.) de la Comunidad de Madrid. Alternativas silvopastorales. Diseño de un plan experimental. in *Actas del I Congreso Forestal Español*. Tomo II, pags. 623 a 631. Sociedad de Ciencias Forestales. Xunta de Galicia. Pontevedra.
- Serrada, R.; Gnzález Doncel, I.; López Peña, C.; Marchal, B.; San Miguel, A. y Tolosana, E. - 1994. Dasometric classification and alternative silvopastoral uses of rebollo oak (*Quercus pyrenaica* Willd.) stands in Madrid. Desing of a pilot project. in *Investigación agraria. Sistemas y Recursos Forestales*. Fuera de Serie nº 3. 79 - 89. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (MAPA). Madrid.
- Serada, R. 1992. Tratamiento de las repoblaciones protectoras. in: *Hidrología Forestal y Protección de Suelos: Técnicas y experiencias en dirección de obras*. Colección Técnica. pág. 443 a 449. ICONA. Madrid.
- Smith, D.M. - 1986. *The Practice of Silviculture*. Wiley & sons. New York. USA.
- Torre, M. - 1998. Claras en rodales regulares de masas artificiales de resinosas. in *Jornadas sobre cortas de mejora de las masas españolas*. Departamento de Economía y Gestión de las Explotaciones e Industrias Forestales. ETSI Montes. Madrid.
- Velez, R. - 1990. Selvicultura preventiva de incendios. *Ecología*. Fuera de Serie nº 1. ICONA. Madrid.
- Yagüe, S. - 1994. Producción y Selvicultura del pino piñonero (*Pinus pinea* L.) en la provincia de Avila. 2º parte: Selvicultura. *Revista MONTES*. nº 37. Ass. y Cols. de Ing. de Montes e Ing. Técnicos Forestales. Madrid.



# Capítulo 8

## 8.1. IMPREDECIBILIDAD AMBIENTAL

A la tórtola y al moral no la engaña el temporal (Refranero)

Más allá de supersticiones y aforismos, las sociedades del pasado, hubieron de dotarse de herramientas culturales eficaces a la hora de minimizar los riesgos de la desmemoria.

Hoy nadie advierte, en la ciudad, la llegada (o no) de los migradores. Por tanto no hay enseñanza alguna que extraer, al respecto. “Si el pecu no canta pal veinte de abril, o se ha muerto el pecu, o viene la fin” -dice, en cambio, el adagio rural. Pero en la capital, la llegada de la primavera la anuncia El Corte Inglés. Nadie atiende al paso de millares de aves por los cielos de la meseta. Ocurre dos veces al año. Con algunas de estas aves llega el invierno y con ellas se va. Millones de conciudadanos viven bajo la ruta antigua de estos animales (algunos de ellos grandes y ruidosos). Pero ni el ruido de la ciudad permite percibirlos ni la mirada del caminante sobrepasa el límite de los edificios más altos. ¡Un poco más arriba, y los podría ver!, cruzando el cielo, durante varios días. Pero ¿para qué?, él no espera ninguna información de esa parte del mundo (?). En realidad no siente que tal parte forme parte del suyo; no le sirve: no puede interpretarla. Después de todo será la correspondiente disposición ministerial, autorizando el encendido de las calefacciones, la que determine que el invierno ha llegado. ¿Es todo esto trascendente?, ¿merece aquí unas líneas?, ¿no estamos en un curso de forestación de tierras agrarias?

El sudeste español es el territorio más xérico del continente. Su clima abarca desde lo *árido*, en las tierras bajas, a lo *semiárido*, en las de más altura. No hay dos épocas iguales ni dos años parecidos: la estacionalidad intraanual y variación interanual le confiere rasgos característicos. Toda secuencia climática breve muestra este hecho (Fig. 1). Esto potencia la sensación de impredecibilidad, y alimenta la desmemoria. Son las observaciones más largas las que nos descubren la otra señal del ambiente, sus rasgos predecibles: **lo regular es la irregularidad.** (Fig. 2).

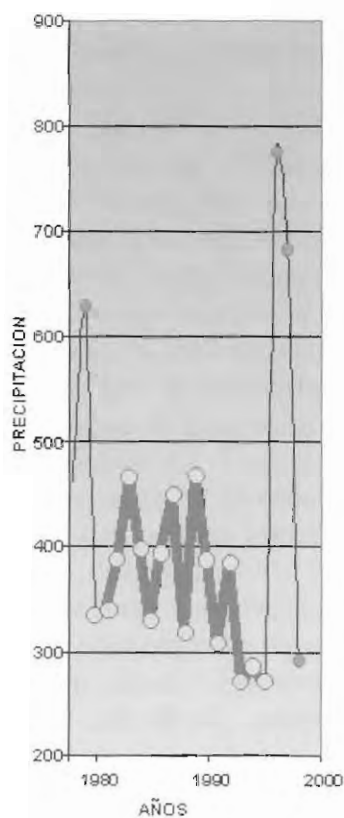
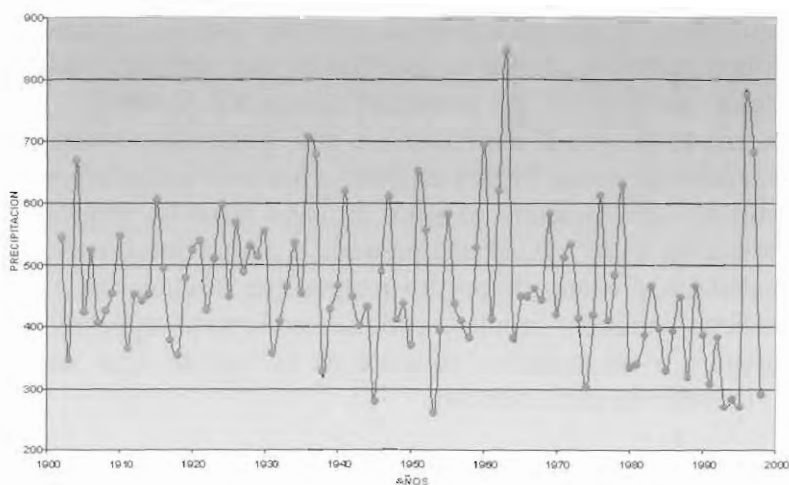


Fig. 1



Es a esta señal -decantada con los años-, a sus pautas características, a lo que empíricamente debieron ajustarse las culturas y usos del pasado. Quienes no acertaron, desaparecieron.

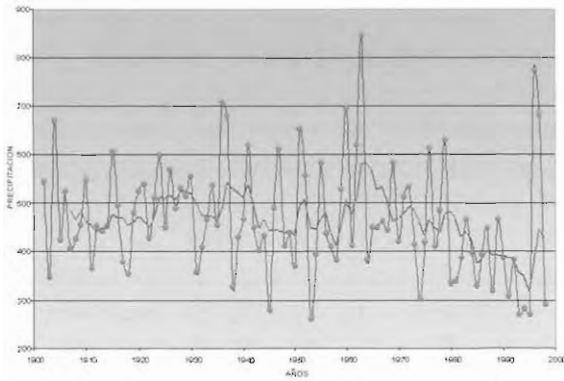


Fig. 3

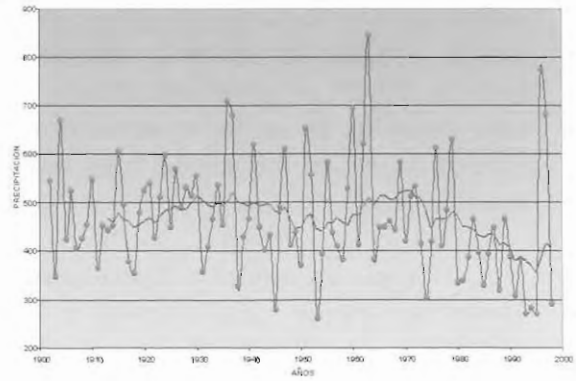


Fig. 4

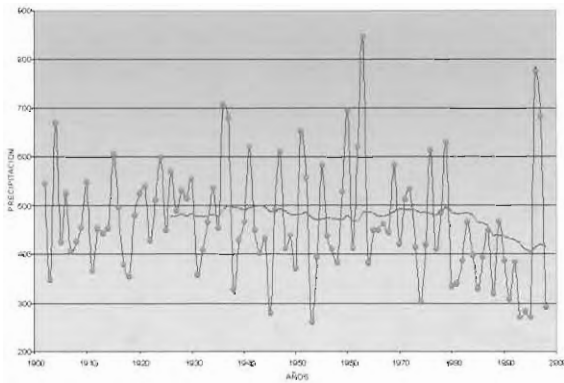


Fig. 5

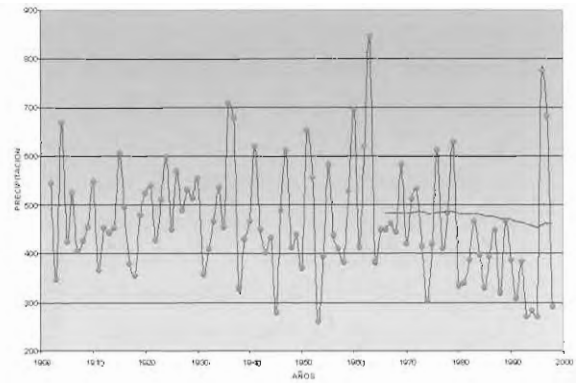


Fig. 6

Las figuras 1 a 6 recogen los datos pluviométricos de *La Cartuja*, en la ciudad de Granada (695 m). La serie abarca casi todo el siglo XX. De forma superpuesta, en rojo, las figuras 3 a 6 incluyen las poligonales de las medias móviles de 5, 12, 25 y 65 años de observación, respectivamente. Este recurso matemático permite ver, a la vez, el significado y el contexto de cada registro anual: valorar la información que aporta al acervo del clima local, pero también la manera en que el paso de los años la relativiza. Las figuras muestran cómo se estabilizan los promedios, sobre todo a partir de 25-30 años de observación y, en definitiva, qué queremos decir cuando indicamos que en Granada se registran unos 450-500 mm de lluvia al año. Hablamos de un promedio idealizado, una cifra global que nos dice en qué parte del conjunto climático peninsular se ubica Granada, pero una cifra con escaso valor predictivo. *A gran seca, gran mohá* –concluye en cambio el refranero-, y ésta es la verdadera predicción.

## CONDICIONES FITOCLIMÁTICAS

Pero no es sólo la irregularidad meteorológica la que determina condiciones cambiantes en el tiempo. Suelo, relieve y exposición, pormenorizan en el mediterráneo otras influencias críticas y diversificadoras del paisaje.

A medida que nos acercamos a las tierras del Sur -desde los ambientes húmedos y regulares del Norte-, la irregularidad pluviométrica intraanual revaloriza el **papel del suelo como almacenante de agua**. Paralelamente a ello, **las pérdidas de agua por escorrentía lateral** son tanto más trascendentes cuanto más xérico es el clima dominante. Lo mismo cabe decir de la exposición, ya que no se trata sólo de considerar cuánta agua de lluvia puede retener el suelo en el espacio de exploración radicular, sino que las condiciones reales de humedad dependen del **balance hídrico** resultante, y el balance hídrico es muy dependiente de las pérdidas por evapotranspiración. Es decir, muy dependiente de la temperatura, de la radiación. De este modo, las condiciones locales dependen mucho de la exposición, tanto más cuanto más nos acerquemos al mediterráneo.

Todos los modelos fitoclimáticos revelan este hecho diferencial. Todos aceptan alguna matización, pues diferente es hablar de plena aridez que hacerlo de condiciones semiáridas. Pero todos tienen en común la tendencia del ambiente mediterráneo a particularizarse en microclimas, es decir, la facilidad con que pequeñas variaciones de suelo, relieve y exposición, traducen esa tendencia en un mosaico de ambientes específicos.

La figura 7 recoge un ejemplo en el que se hipotetizan: a) distintas variaciones de la retención hídrica del suelo [CR], y b) diferentes situaciones de escorrentía lateral [W].

De 1 a 5, los gráficos muestran la sensibilidad del ambiente a las variaciones de retención (desde las más extremas 1 y 2, a las óptimas 4 y 5). La simulación L<sub>1</sub> a L<sub>3</sub> juega con la hipótesis de que las condiciones de *ladera* comportan suelos poco profundos, con escorrentía lateral patente. En cambio, V<sub>1</sub> y V<sub>2</sub> no solo presuponen que las *vaguadas* tienen una mayor retención hídrica, sino que reciben aportes laterales que incrementan la humedad recibida.

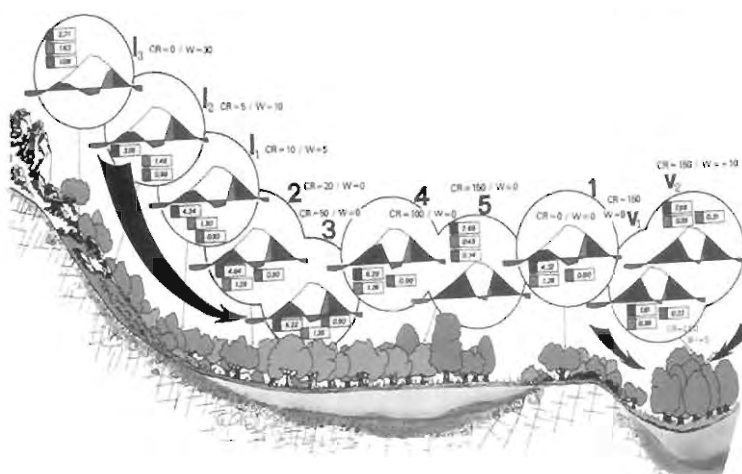


Fig. 7

Los datos empleados en este ejemplo proceden de una estación real. Son datos verdaderos que la simulación emplea para “chequear” la “personalidad” del ambiente: su “sensibilidad” ante pequeñas o grandes variaciones del medio. La traducción de tales datos a parámetros fitoclimáticos se ha realizado a través de Diagramas Bioclimáticos (DBC).

Los DBC permiten considerar estimaciones de la capacidad de Retención hídrica del suelo [CR] y niveles de Escorrentía lateral [W] en el cálculo del balance hídrico de cada situación hipotetizada (Fig. 8). Lo que se tiene en cuenta no es la precipitación que recibe el punto concreto sino la “disponibilidad” de agua [D]. Este valor se calcula

sumando a la lluvia del momento el agua que ha podido quedar retenida en el suelo de períodos excedentarios anteriores, descontando las pérdidas que se hayan originan por causa de la Evadotranspiración Potencial [E] y de la Escorrentía (Montero y González Rebollar, 1974)

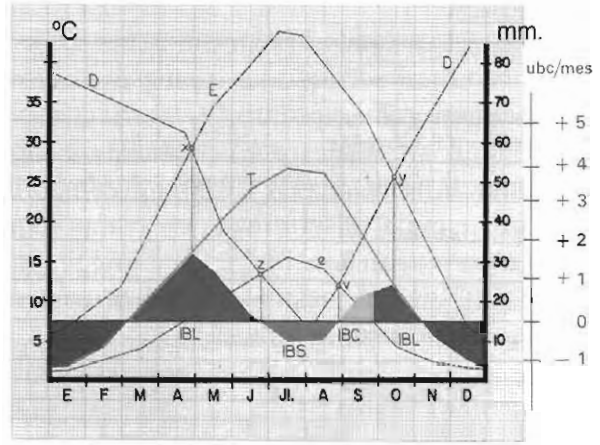


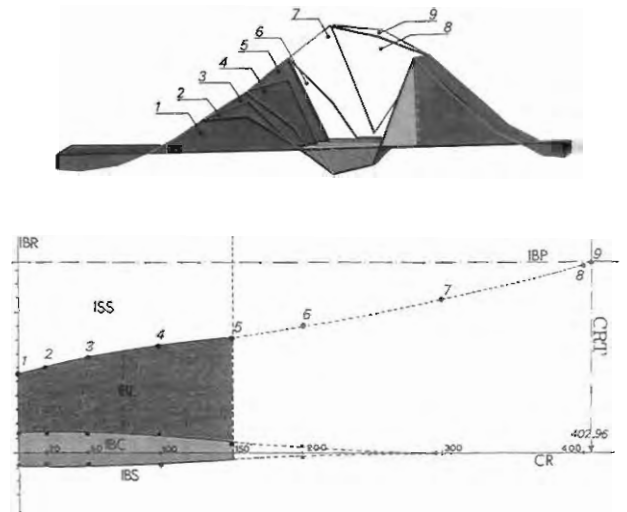
Fig. 8

|    | CR (mm) | W (%) | IBL (ubc) | IBS (ubc) | % IBL | % IBS |
|----|---------|-------|-----------|-----------|-------|-------|
| 1  | 0       | 0     | 4,32      | 0,90      | 56%   | 265%  |
| 2  | 20      | 0     | 4,64      | 0,90      | 61%   | 265%  |
| 3  | 50      | 0     | 5,22      | 0,90      | 68%   | 265%  |
| 4  | 100     | 0     | 6,29      | 0,90      | 82%   | 265%  |
| 5  | 150     | 0     | 7,65      | 0,34      | 100%  | 100%  |
| L1 | 10      | -5    | 4,34      | 0,93      | 57%   | 274%  |
| L2 | 5       | -10   | 3,95      | 0,98      | 52%   | 288%  |
| L3 | 0       | -30   | 2,71      | 1,08      | 35%   | 318%  |
| V1 | 150     | +5    | 7,81      | 0,33      | 102%  | 97%   |
| V2 | 150     | +10   | 7,98      | 0,31      | 104%  | 91%   |

La tabla 1 muestra el resultado de las diez situaciones hipotetizadas en la figura 7 y ponen de relieve las diferencias de cada una de ellas. Si tomamos como referente del *optimo zonal* el caso 5, vemos cómo la respuesta, en condiciones de *ladera*, puede conllevar una reducción de casi el 35% en IBL y un incremento de casi el 300% en IBS<sup>1</sup>. En cambio, en *vaguada*, los resultados reflejan la configuración de un ambiente fitoclimático bastante mejor.

Tabla 1

Mediante simulación de condiciones puntuales, o temporales, de capacidad de retención y grado de escorrentía, esta herramienta permite valorar cómo responden las variables fitoclimáticas IBL, IBC, IBS e ISS. En el caso de la figura 9, lo hace desde hipótesis mínimas de retención de humedad (CR=0) a extremos teóricos (CR=400 mm). Con salvedades, esta simulación podría conjeturarse parecida a la dinámica de un suelo natural, desde sus etapas más juveniles: de poca profundidad y poca retención, a otras, de mayor desarrollo: con mas profundidad y superior capacidad almacenante.



<sup>1</sup> IBL es un estimador de la capacidad vegetativa "libre"; IBS lo es de la "sequía". Ambas se miden en Unidades Bioclimáticas

Las figuras 14 y 15 son las propias de las variantes más áridas de los climas mediterráneos. En ellas podemos ver cómo apenas hay respuesta a las variaciones de CR. Sea mucha o poca la capacidad de retención hídrica de los suelos, su traducción en condiciones fitoclimáticas específicas por tal motivo es bastante pequeña pues la xericidad climática escasamente proporciona cantidades que retener. En cambio las respuestas a las variaciones de W son el autentico desencadenante de las respuestas: W es el parámetro rector. Nada es convergente, pero lo que diversifica la simulación es la incidencia de la escorrentía lateral. Nos encontramos en los paisajes mediterráneos “del agua”, en los que los fondos de valle se distinguen netamente de las laderas circundantes. Aquí es donde la mano del hombre ha necesitado terrazas, balates y careos contra reducir las consecuencias que impone la escorrentía.

En resumen, todas las respuestas mediterráneas manifiestan la sensibilidad del ambiente a verse particularizado en microambientes. Los mosaicos vegetales del paisaje son en parte reflejo de este hecho. Las figuras 16 a 24 permiten aproximarnos a la lógica fitoclimática que subyacente y a las técnicas culturales desarrolladas por el hombre al efecto.

El gráfico 16 esquematiza la relación entre capacidad vegetativa y condiciones fitoclimáticas. Hemos visto cómo los DBC facilitan interpretar una parte de esta lógica a través de las relaciones entre IBR y las hipótesis CR/W. Así, para cada situación W, podemos inferir una función  $IBR = f(CR)$ , que traduce crecientes niveles de capacidad vegetativa, a medida que aumenta la retención hídrica del suelo, y siendo IBR un estimador bioclimático que integra, desde condiciones arbolado, a subdesiertos herbáceos.

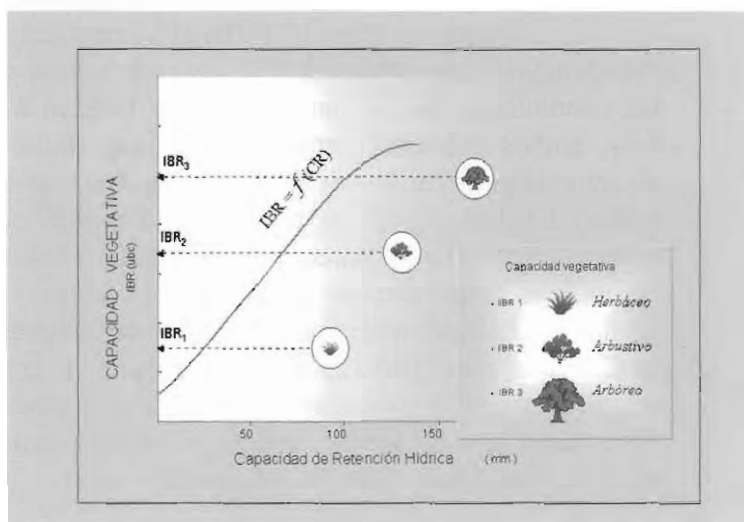


Fig. 16

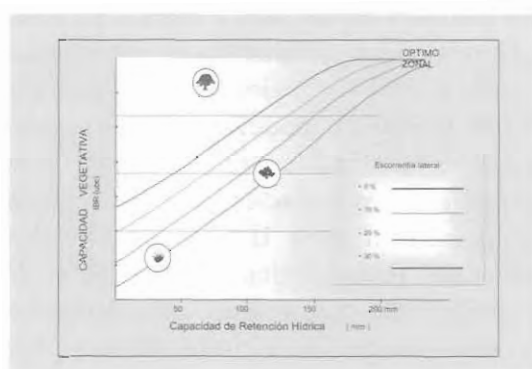


Fig. 17

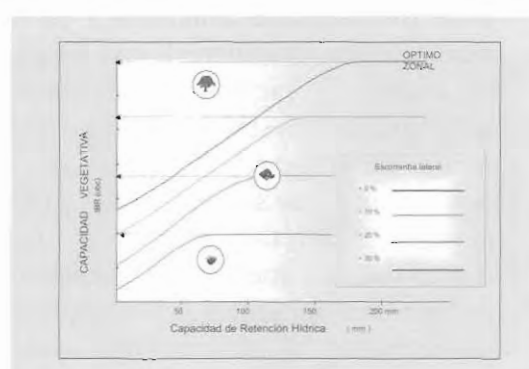


Fig. 18

Los modelos de comportamiento de IBR, analizados anteriormente (figs. 10-15), permiten entender que la respuesta para cada W admite una traducción como la de las figs. 17 y 18.

Así, un comportamiento atlántico *-convergente-* se podría entender como en la figura 19.

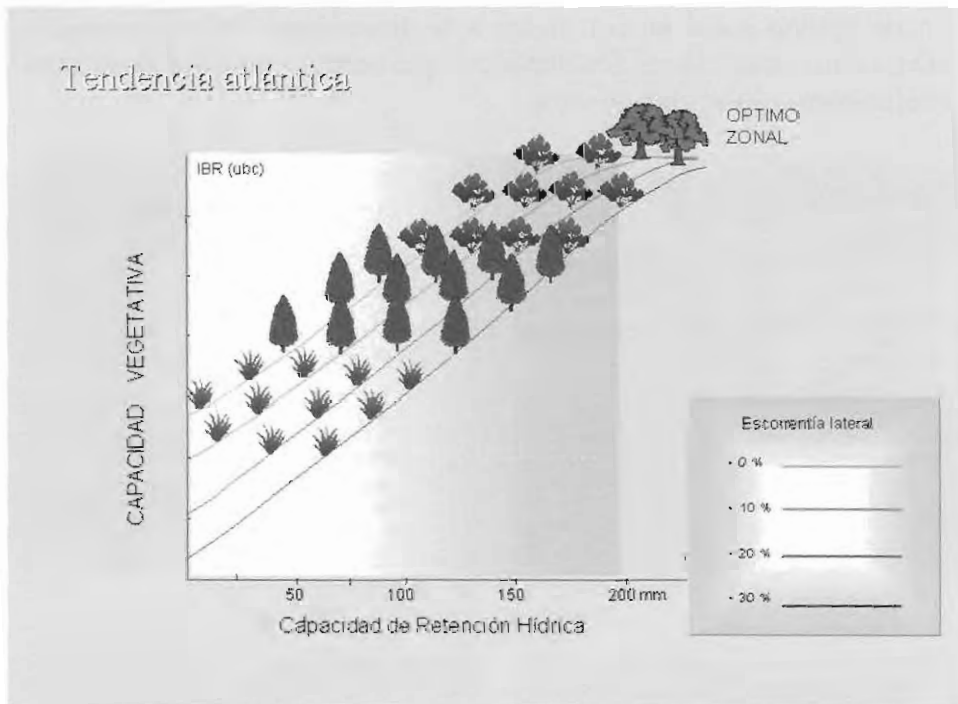


Fig. 19

Y uno mediterráneo *-divergente-*, como simula la figura 20.

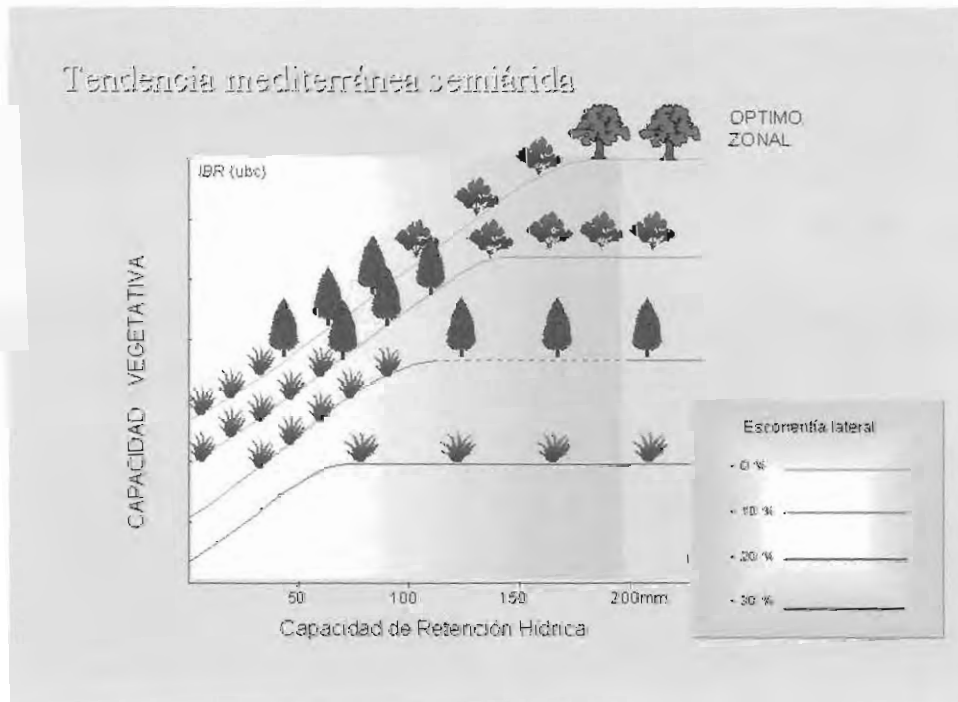


Fig. 20

En suma, dos respuestas fitoclimáticas muy distintos en la manera en que se pormenorizan en el espacio, pero también dos distintas dinámicas latentes; pues manteniendo el juego conceptual que hemos venido desarrollando-, lo que las figuras 19 y 20 muestran no es solo la distinción entre un entorno monótono, como el atlántico (tendente a un óptimo zonal único), frente a la diversificada respuesta mediterránea, sino también, cómo, condiciones fitoclimáticas que parecen transitorias en unos casos, pueden ser el máximo alcanzable en otros

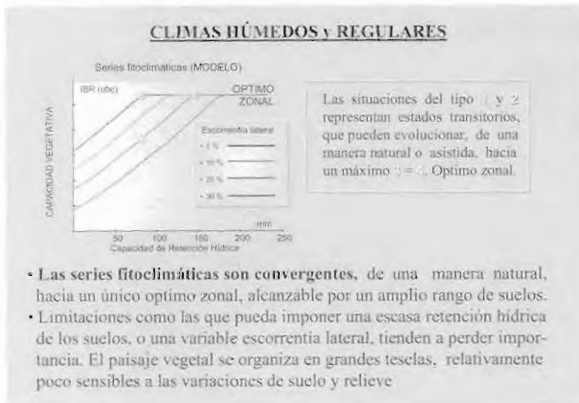


Fig. 21

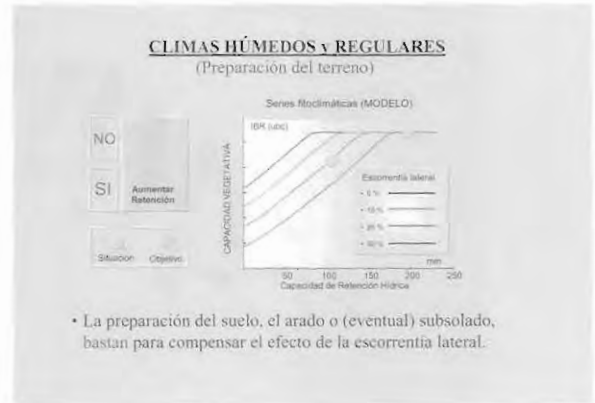


Fig. 22

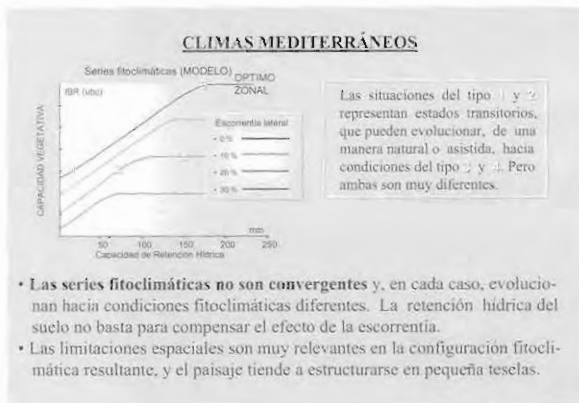


Fig. 23

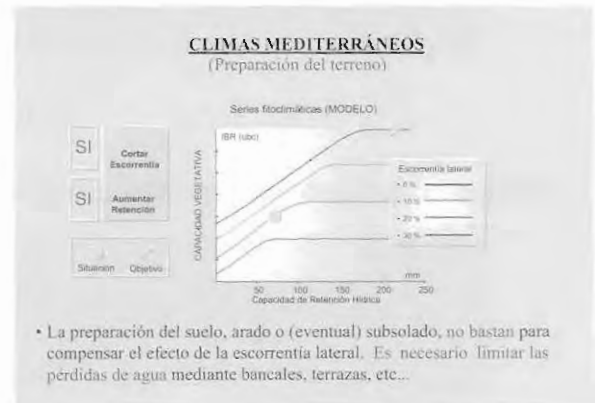


Fig. 24

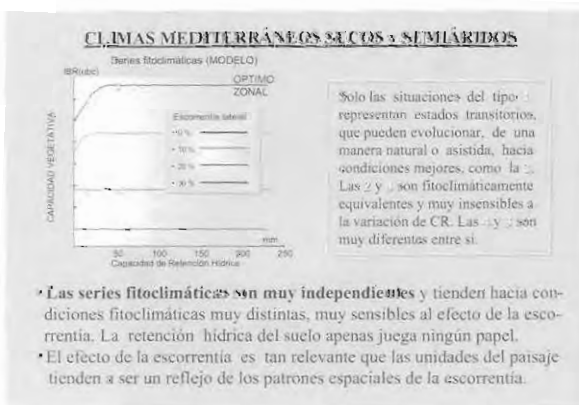


Fig. 25

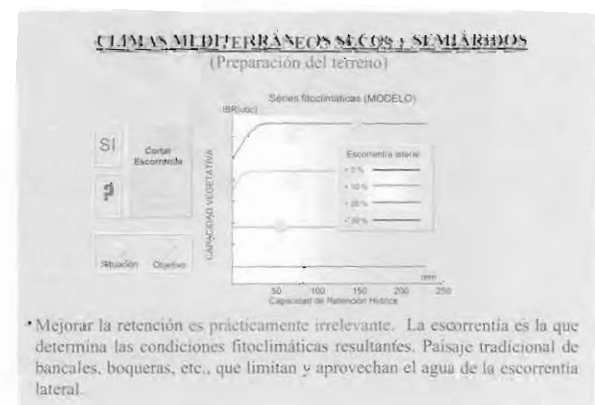


Fig. 26

Las figuras 21, 23 y 25 intentan recoger esta extrapolación conceptual sobre el diferente comportamiento de IBR, leyéndola a la luz de la dinámica del paisaje vegetal. Las figuras 22, 24 y 26 intentan trasladar el mismo comportamiento a las herramientas culturales más conocidas en la preparación del suelo (arado, subsolado, aterrazado, etc.).

Es fácil entender, con el auxilio de este símil conceptual, cómo, en los ambientes húmedos y regulares, el empleo del arado para mejorar la CR del suelo es una tarea suficientemente eficaz, incluso dentro de un cierto margen de pérdida de agua por escorrentía lateral (W). Mejorar, en tales condiciones, una situación como la 2 para aproximarla a un óptimo como el 3 (ver figura 21), puede hacerse mejorando solamente CR, es decir labrando. En cambio, en los ambientes mediterráneos esto es posible sólo parcialmente. Lo que muestra la figura 23, por ejemplo, es que mejorar –arando– la situación 2 nos puede acercar a 4, pero acercarnos a 3 ya requiere cortar “técnicamente” la escorrentía; es decir, requiere fabricar una *terrace* o un *balate*; o –si lo que queremos es aprovechar la propia escorrentía– hacer en un *careo*. En definitiva, auxiliarnos de herramientas típicamente “mediterráneas”. La figura 25 refleja un extremo de xericidad y en ella es fácil comprender la inexcusable necesidad de acudir a este tipo de técnicas culturales mediterráneas para mejorar una situación como la 2; una situación, que solo podemos aproximar a 1 o 3, con potentes herramientas y técnicas agrarias.

## PERTURBACIONES

Las figuras anteriormente descritas pueden ser interpretadas también “regresivamente”, es decir, simulando las consecuencias de una degradación con pérdida de suelo (descenso, por tanto, de los valores asignados a la hipótesis CR) y/o de una deforestación-erosión (con la consiguiente pérdida de cobertura y aumento de la escorrentía lateral). En todo caso, volviendo al juego conceptual propuesto en las líneas anteriores, es fácil comprender que, en el caso *atlántico* nuestra simulada regresión queda siempre enfrentada a la convergencia del paisaje, lo que facilita la recuperación. En cambio, en los casos *mediterráneos*, las acciones regresivas no harán sino redundar con la elevada diversidad latente, multiplicando aún más la pormenorización de enclaves. Buena parte de las labores agrarias tienen propósitos “desertificadores”. El paisaje cultural, de hecho, es un mosaico de enfrentamientos parcelarios -y regresivos- contra la dinámica natural del entorno. Muchos de los valores culturales y “paisajísticos” que se desea hoy conservar están tan fuertemente ligados a los factores de perturbación que los propician que cuando desaparezcan las prácticas rurales que los han traído a nuestros días, habrá que “reinventarlas” -o remedarlas técnicamente-, si queremos que estos valores emocionales permanezcan en nuestras tierras.

Existe, en todo caso, otra singularidad fitoclimática mediterránea que merece ser destacada dentro de los planteamientos de este curso: la fragilidad latente en la media montaña. En ella se concreta uno de los “puntos sensibles” del paisaje. El piso de caducifolios y semicaducifolios de estas tierras ocupa un umbral, templado y húmedo, muy sensible a la acción “desertificadora” que afectan al conjunto CR/W. Por lo general hay un punto de inversión hídrica por encima de estas cotas medias. Las tierras altas pueden ser más secas, o bien el retraso térmico que provoca la altitud, retrasa los periodos de actividad a momentos en los periodos de lluvias está quedando atrás. Sea por una razón u otra (o por ambas), es frecuente ver que las comunidades altas están constituidas por plantas rústicas y frugales, resistentes a condiciones de fuerte limi-

tación ambiental (pinos-piornales, en el caso mediterráneo). Inversamente, por debajo de los pisos de caducifolios, lo que se desarrolla es un paisaje vegetal termófilo, bien adaptado a la xericidad y al calor; en definitiva, plantas también resistentes a condiciones limitantes; más limitantes que las que dominan en la media montaña (menos cálida y más húmeda). Cuando esto es así, es frecuente notar cómo los elementos botánicos menos exigentes, que “atenazan” (nunca mejor dicho) al sutil umbral de los caducifolios desde las tierras altas y desde las bajas, acaban por “funcionar” como una especie de “pinza”. Este hecho caracteriza bien estos puntos “débiles” del paisaje montano mediterráneo, que suelen ser reconocibles por los testigos del umbral casi “desaparecido” (González Rebollar *et al.*, 2000).

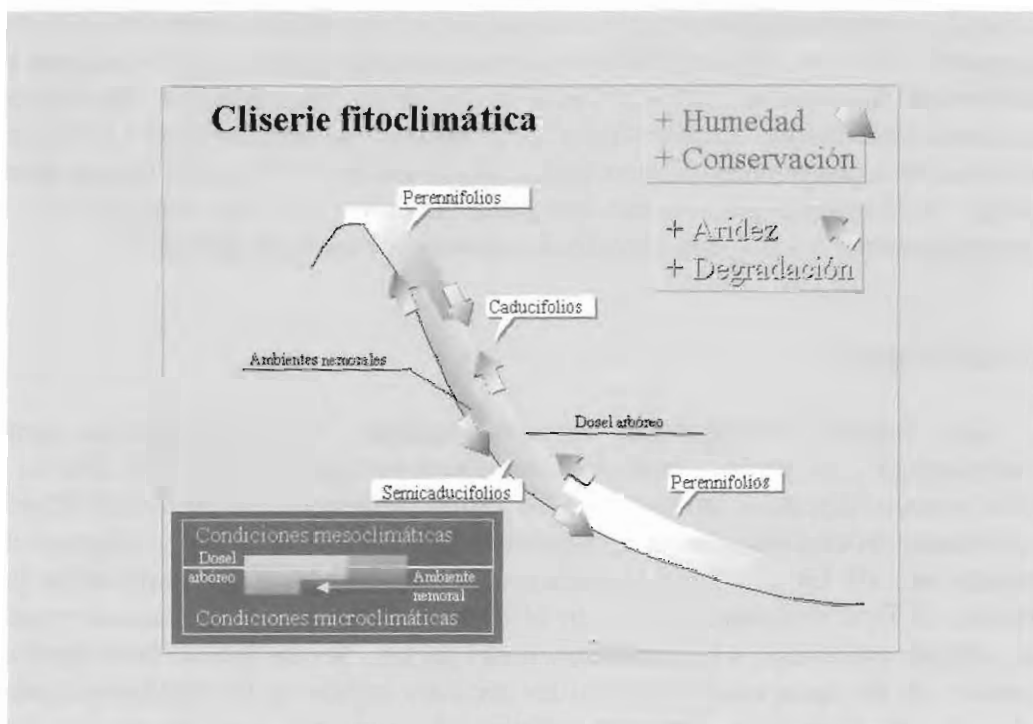


Fig. 27

La figura 27 explica gráficamente esta dinámica latente en el paisaje, una dinámica muy propia de las tierras del Sur, pero sobre todo muy a tener en cuenta a la hora de plantear acciones de forestación que alteren grandemente, mediante potentes técnicas de preparación del suelo, el limitado margen de acción que en ellas ofrece del tándem CR/W.

Pero el paisaje que estamos analizando, eventual receptor de una decisión reforestadora, no ve agotadas sus circunstancias (ni su diversidad), a la acción de los agentes que pormenorizan su medio físico. Fuego, animales y hombre, han interferido (y siguen haciéndolo) en la dinámica de este paisaje, en sus elementos de valor y de riesgos, y en muchas alternativas de reconversión. Algunos, como el fuego, aún incentivados por la acción humana, responden a ciclos eternos del planeta; otros -en cambio-, como la acción de los animales (muchos de ellos extintos), han evolucionado paralelamente con el recurso que explotan.

La influencia de este conjunto de perturbaciones es esencial en la comprensión y gestión del paisaje que nos rodea, y determinante a la hora de abordar cualquier

alternativa “sostenible” que pretenda su puesta en valor (González Rebollar *et al.*, 1993).

La figura 28 muestra el “adehesamiento” de un monte mediterráneo, una práctica ancestral muy común en los sectores occidental y sudoccidental de la península ibérica. La 29 muestra un bardal y el aprovechamiento ganadero del mismo.



Fig. 28



Fig. 29



Ambas transformaciones forestales comportan una fuerte alteración de la estructura vegetal. Ambas modifican grandemente el recubrimiento del suelo, favorecen la erosión y cambian los factores del balance hídrico: movimiento del aire, evaporación, transpiración, luz, escorrentía, retención de humedad, etc., características sensibles de las que hemos venido hablando anteriormente. Todo, en suma, comporta cambios en el ambiente nemoral y, derivadamente, en la flora. Sin embargo, ambos sistemas son emblemáticos entre los paradigmas de la silvicultura mediterránea.

Es inconsistente, de hecho, enfrentar las prácticas de reforestación con las de pastoreo. Dehesas y bardales son buenos ejemplos de ello, y sus datos de diversidad, estabilidad y capacidad de uso, proporcionan solventes argumentos para invalidar la vinculación que suele hacerse entre protección integral y conservación del patrimonio.

Una reforestación en mosaico, en ajedrezado col los matorrales naturales, es perfectamente compatible con el mantenimiento de otros muchos objetivos: ganaderos, cinegéticos, conservacionistas o culturales, y responde muy bien a los compromisos de “sostenibilidad” que hoy se impulsan (Fernández García, 1995; Robles, A.B. *et al.*, 1995).

*Diversidad florística, producción forrajera y receptividad ganadera en comunidades silvopastorales del sudeste español (Sierra Nevada, Almería).*

|                                    |   | Pinares   |         | Matorral    | Encinares |          |
|------------------------------------|---|-----------|---------|-------------|-----------|----------|
|                                    |   | Continuos | Mosaico | Desarbolado | Abiertos  | Cerrados |
| Diversidad <sup>1</sup><br>(bits)  | A | 1,74      | 2,95    | 3,06        | 3,20      | 2,70     |
|                                    | B | 2,10      | 3,05    | 3,63        | 3,81      | 3,00     |
| Oferta forrajera<br>(kg MS/año/ha) | A | < 100     | 1.535   | 1.581       | 1.310     | 1.024    |
|                                    | B | < 100     | 1.753   | 2.995       | 2.613     | 1.047    |
| Receptividad<br>(cabras/ha/año)    | A | < 0,1     | 0,4     | 0,8         | 0,7       | 0,7      |
|                                    | B | < 0,1     | 0,6     | 1,1         | 0,9       | 0,8      |

A = Pastos dominados por *Erinacea anthyllis*  
 B = Pastos dominados por *Ulex parviflorus*

Tabla 2

La tabla 2 sintetiza una parte de nuestros trabajos en diversos agrosistemas béticos de montaña. Sus cifras de oferta y receptividad permiten una valoración comparativa entre tres espacios forestales de Sierra Nevada: **áreas desarboladas** (dominadas por matorrales y pastos leñosos), **encinares de montaña** (en monte bajo y adeshados), y **plantaciones de pinos** (plantaciones masivas *versus* rodales en mosaico con matorrales). Los resultados muestran la prevalencia de las áreas naturales de las áreas desarboladas, frente a las repobladas. Pero es fácil ver cómo, entre las arboladas, aun cuando las mayores cifras corresponden a los encinares frente a los pinares, las que corresponden a los pinares “en mosaico”, conservan unos aceptables niveles de oferta y receptividad. En términos de conservación, la tabla recoge también las cifras de diversidad obtenidas a partir de la fórmula de Shannon<sup>3</sup>, cifras, como se puede ver, todas ellas, bastante elevadas. También en este sentido, conservacionista, las figuras 30 y 31 aportan relevantes elementos de juicio a la hora de valorarla el papel “perturbador” de los usos del hombre en la biología reproductiva de nuestra flora.

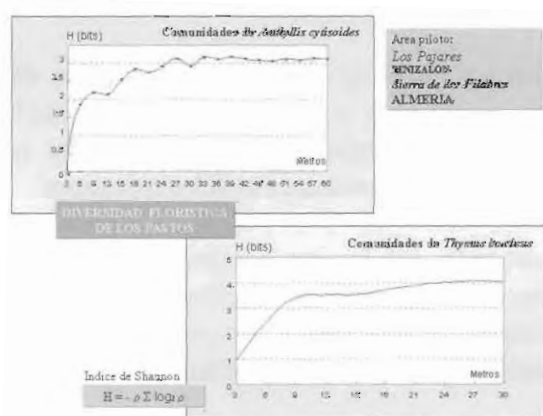


Fig. 30

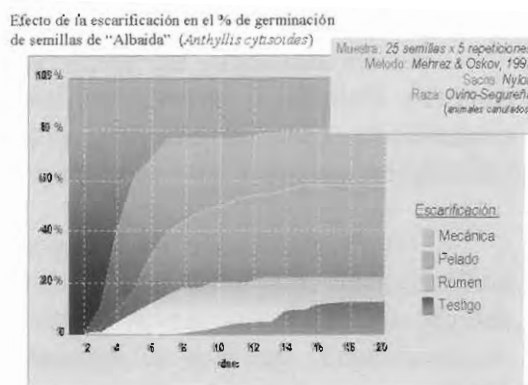


Fig. 31

<sup>3</sup> Índice de Diversidad de Shannon, calculado en base logarítmica 2

La figura 30 recoge los resultados del estudio realizado por Robles (1990) sobre comunidades de “albaida” (*Anthyllis cytisoides*) en la Sierra de los Filabres. Sus trabajos de catalogación de la flora, en estas tierras roturadas y pastoreadas de antiguo, pusieron en evidencia desde los primeros momentos la gran riqueza florística del entorno (298 especies, en 100 ha muestreadas) y la fuerte participación de la flora serial en la dinámica del paisaje. Lo previsible, al iniciar las investigaciones, era que los resultados de la catalogación refrendasen la visible impronta del hombre en estos paisajes, extensamente explotados; y los resultados lo refrendaron: apenas el 3% de las plantas catalogadas correspondía a codominantes naturales del monte mediterráneo que, un día, pobló aquellas tierras. El 58% del catálogo lo engrosaban elementos del denominado conjunto “ruderal-arvense” (flora ligada a las prácticas del hombre, a la presión de la agricultura, del fuego, del movimiento de tierras, y de la ganadería). Pero un 39% del mismo catálogo era flora “serial”. Los procesos naturales de recuperación del monte ya habían sido advertidos por esta autora, mediante análisis retrospectivo de fotografías aéreas. Documentaba en ellos un incremento de la cubierta vegetal, que había pasado de un 36% del espacio agrario (en 1956) a un 78% (en 1988). Y esto era lo mismo que revelaba el conjunto florístico serial: la participación de muchos elementos naturales en la recuperación del área. Adicionalmente, cuando se analizó el catálogo florístico, limitándolo a los taxones de mayor interés forrajero (por su oferta y/o valor nutritivo), los resultados arrojaron una participación de “seriales” del 56%. En definitiva, no solo perduraba una gran parte de la flora natural, sino que ésta era dominante en el catálogo forrajero.

Desde el punto de vista de las prácticas reforestadas, estos resultados abren otras consideraciones de interés. La primera es la desautorización de que haya que acudir a la flora exótica para acometer tareas de reforestación; la segunda, que deban ser siempre árboles los protagonistas de nuestra asistencia, al efecto. Pero, sobre todo, una de las cosas que más deja en entredicho este tipo de estudios es la supuesta incompatibilidad entre la recuperación del monte y el mantenimiento en él de usos *perturbadores*. La flora serial mediterránea -básicamente matorrales-, encierra un elevado número de especies, factibles de ser utilizadas como auxiliares de primer orden en las prácticas de revegetación “sostenible”.

Otros de los indicios más interesantes lo aportaron las encuestas a los pastores de la zona. Estas manifestaban la convicción de que el ganado colaboraba en la dispersión de varias especies. Entre ellas, por su interés forestal, se eligió *Anthyllis cytisoides*. La “albaida”, en efecto, presenta un indudable atractivo técnico como auxiliar en la *revegetación* del espacio: es una leguminosa mejorante del suelo, especie cundidora en tierras muy pobres, y resistente a condiciones de gran aridez. Desde los primeros estudios esta planta ya se había revelado como una de las de mayor significación forrajera. La figura 31 recoge los resultados de la investigación que, sobre el efecto de escarificación ruminal en la germinación de sus semillas, realizaron Ibáñez y Passera (1996). A partir de un ensayo directo, con ovejas canuladas de raza *Segureña*, los autores mostraron la “ventaja reproductiva que, para la planta, representa que sus semillas pasen por el tracto digestivo del rumiante”, confirmando con ello el conocimiento empírico existente entre los pastores de Filabres y revalorizando la función que muchos recursos botánicos, autóctonos, pueden desempeñar en los planes de revegetación y mejora de muchas tierras pobres del Sur, a las que junto a su resistencia y su frugalidad aporta un apreciable valor forrajero, y una interesante

relación con los herbívoros que la aprovechan y dispersan (Robles, A.B. y Passera, C.B., 1995a).

Por lo tanto, al hablar de herbívoros como ¿de perturbadores?, quizá no deberíamos **subestimar** lo que cada vez con mayor frecuencia muestran diversos estudios sobre la biología reproductiva de plantas y comunidades mediterráneas: las trascendentes interrelaciones pasto-herbívoro. ¿Podemos de hecho -en lo que se refiere a estas tierras del sur-, **subestimar** que muchos de los **yacimientos** paleontológicos del entorno documentan una de las faunas más ricas de Eurásia: una presencia constante (solo muy recientemente extinta) de grandes y medianos herbívoros, algo que por si solo **permitiría** entender la frecuente zoocoría de nuestra flora, la biodiversidad y riqueza de muchos pastos, o la estabilidad de no pocos **agrosistemas** tradicionales? (González Rebollar *et al.*, 1998).

### SOSTENIBILIDAD

*Sostenibilidad* es un término “breve pero confuso”: uno de esos términos ambiciosos que **pretende** decir más de lo que puede concretar. Una de esas etiquetas de última hora que salvan una reunión embarrancada, cuando se vislumbra **inalcanzable** un acuerdo: el eterno recurso de “poner un nombre”, mientras se aplaza el **estudio** de un problema.

En los términos de este curso, sobre forestación de tierras en abandono, “sostenibilidad” es un reto: el de desarrollar sistemas, y procedimientos de ordenación y uso de los recursos, que sean capaces de armonizar *conservación y explotación*. De modo que, si nuestras iniciativas han de asumir que toda propuesta de actuación ha de garantizar el mantenimiento de los procesos ecológicos esenciales, preservando la diversidad genética y asegurando la gestión sostenida de especies y sistemas, será necesario que valoremos las repercusiones de nuestras propuestas desde una visión integrada, pues es en contexto ecológico, económico y social, que las enmarca, donde reside mucho de su fundamento de “sostenibilidad”.

Hoy, en amplias zonas de las denominadas *desfavorecidas* por la PAC, (fig. 32) se potencia el abandono de las tierras, la pérdida de los agrosistemas tradicionales, la de sus paisajes y culturas asociadas, y la alteración de otros valores y procesos (naturales o seminaturales) que, contradictoriamente, se desea preservar. En este marco socioeconómico y patrimonial es en el que cobran actualidad los proyectos de **reconversión y puesta** en valor de las tierras, y es a tal compromiso al que deberían atender las políticas sectoriales de investigación y desarrollo.



Fig. 32

SÍNTESIS

Nuestros paisajes rurales, la mayoría de ellos -pero desde luego los que están en abandono hoy- han conservado una organización de supervivencia hasta bien avanzado el siglo XX. El modelo autárquico cohesionaba tres células básicas: la agrícola, la ganadera y la forestal. Es lo que hoy se revaloriza como *uso múltiple*, *polivalencia*, y *multifuncionalidad*; palabras nuevas para cosas antiguas. Otras palabras precedieron también a las ideas de racionalidad del siglo pasado: *sectorialización*, *mecanización*, *producción intensiva*, *replantación forestal*, *concentración parcelaria*, etc. El monte fue segregado del resto del terrazgo: obtener de él cama para el establo, ramón y pasto para el ganado, leña para el hogar y madera para el utillaje fue considerado anacrónico. Se destino a las repoblaciones monoespecíficas; la cama del establo se cementó; se importó pienso para el ganado, y se importaron razas selectas que lo transformarían en carne o en leche. El utillaje arribó de otras partes, de otros materiales. El campo se mecanizó, llegaron los abonos químicos, los herbicidas y los potentes tractores. Declinaron las últimas razas de ganado autóctono y el pastor -y el pastoreo- acapararon los mayores títulos de marginalidad: llegaba la “modernidad”.

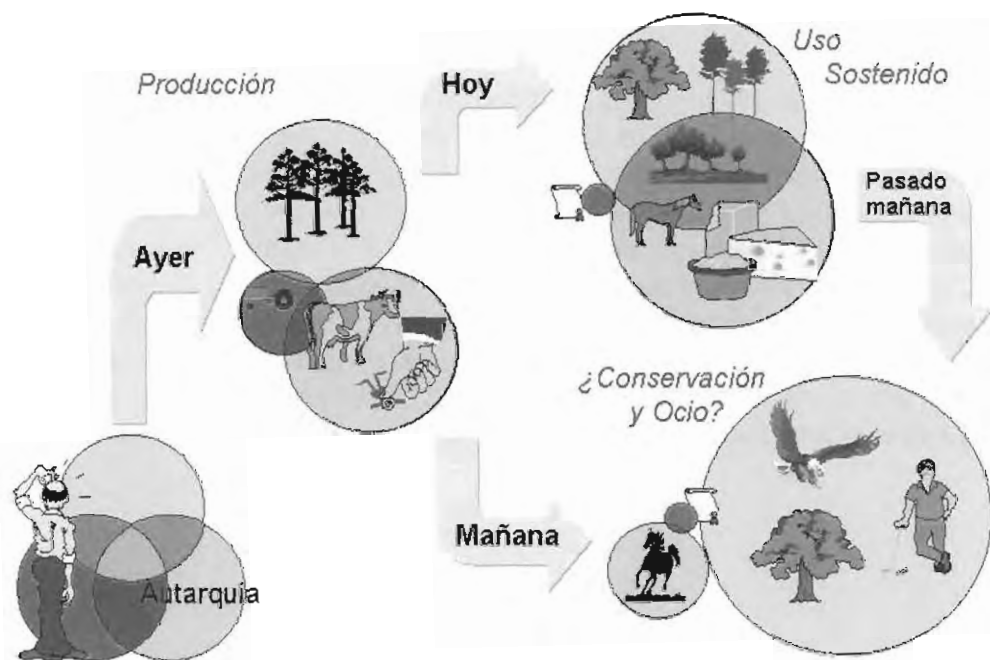


Fig. 33

Hoy llega también la modernidad, aunque sus lemas son otros. En realidad también nos llega de fuera: nos llega a impulsos de la PAC. Casi 3000 municipios españoles han sido objeto de reclasificación, total o parcial, como “zonas desfavorecidas” (ver figura. 32). Más del 60% de la superficie agrícola útil y más de la tercera parte de la población española se está viendo involucrada en programas de reconversión. La conservación de la naturaleza, el ocio, el ecoturismo y la recuperación de las tierras en abandono, engrosan los nuevos retos.

Revindicamos sistemas de gestión multifuncional, los proponemos como paradigmas de estabilidad, diversidad, y de sensatez. Las “dehesas”, los “bardales”, los

sistemas “reticulados”, los “mosaicos”, etc. son ejemplos que tomamos del paisaje existente. Pero solemos omitir que no han sido desarrollados por la ingeniería universitaria. Al contrario, lo han sido por sociedades antiguas, sometidas al lapidario examen de *prueba-error*. Un examen que tuvieron que aprender a superar, pues no había segundas oportunidades. Estas sociedades idearon un complejo sistema cultural (de sabiduría y superstición) en el que, sin embargo, no pocos elementos decisivos aceptarían verse traducidos a lo que hoy denominamos “sistemas expertos”. Pero nadie va a desarrollar hoy *un sistema experto* en el que la floración de las jaras o el retraso en la llegada del “cuco” sean ítem relevantes en la toma de decisiones. Estamos muy lejos “culturalmente” de percibir, intuir, o poder instrumentalizar las señales de la vida que nos rodea. Sólo disponemos de sensores remotos, algoritmos y modelos, y con ellos tenemos que trabajar.

Un enfoque como el que conceptualmente propone esta clase, en este curso, intenta llamar la atención de los alumnos, sobre la importancia de tener muy presente la diversidad latente en nuestras condiciones fitoclimáticas mediterráneas, la diversidad natural que inducen multitud de interacciones ecológicas legadas a los agentes ¿perturbadores?, o la que culturalmente ha impuesto el hombre en el paisaje. Todo colabora a la diversidad.

No deberíamos confundirnos con nuestras denostadas condiciones mediterráneas, que no son otra cosa que las propias de las zonas áridas y semiáridas del mundo. En ellas, como hemos señalado al principio, la irregularidad es su regularidad. Tampoco deberíamos olvidar que no es posible entender nuestro entorno forestal olvidando que muchas de sus características, y muchos de los que denominamos “sus recursos”, o “sus valores”, están asociados a protagonistas que se han extinguido, o están a punto de desaparecer. Y todavía, deberíamos olvidar mucho menos, que estamos hablando de España, no de Escandinavia, ni de EE.UU, que la ciencia forestal no es una ciencia universal, y que lo son todavía menos (menos universales) las técnicas o los modelos de manejo y gestión capaces de ser aplicadas sosteniblemente en nuestro entorno.

## 8.2. BIBLIOGRAFÍA

Fernández García, M.P., 1995. Aprovechamiento silvopastoral de un agrosistema mediterráneo de montaña en el sureste ibérico: evaluación potencial forrajera y capacidad conservadora. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad de Granada.

González Rebollar, J.L., Passera, C.B. y De La Cruz, R., 1993. La "intensificación" del pastoreo extensivo y consecuencias no deseadas de la PAC. Algunos ejemplos y propuestas. *Paralelo 37*, 16: 141-145.

González Rebollar, J.L., Robles, A.B., y Boza, J., 1998. Sistemas pastorales. En: *Agricultura Sostenible*. Lamo de Espinosa, J. y Jiménez Díaz, R. (Ed.). 55-574 pp. Mundi-Prensa. Madrid. España.

González Rebollar, J.L., 1999. Suelo, relieve, agua y paisaje. *Invest. Agr.: Sist. Recur. For. Número Fuera de Serie N° 1: 123-134*. INIA. Madrid. España.

González Rebollar, J.L., Ibáñez, J.J., García-Álvarez, A. y Ganuza, A. 2000 Paisaje vegetal, cambio climático y degradación del suelo. Interpretación desde un modelo fitoclimático. En: *El Cambio Climático*. Balairon, L. (Ed.) 223-260. El Campo de las Ciencias y de las Artes. 137. BBVA.

Ibáñez, A.N. and Passera, C.B., 1997. Factors affecting the germination process of albaida (*Anthyllis cytisoides* L.) a forage legume of the mediterranean coast. *Journal of Arid Environment*, 35: 225-231.

Montero de Burgos, J.L. y González Rebollar, J.L., 1974. Diagramas bioclimáticos. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza (ICONA). Madrid. 380 pp.

Robles, A.B., 1990. Evaluación de la oferta forrajera y capacidad sustentadora de un agrosistema semiárido en el Sudeste Ibérico. Tesis Doctoral. Universidad de Granada, Granada.

Robles, A.B., Fernández, P., Passera, C. González-Rebollar, J.L. 1995. Aprovechamiento silvopastoral de un encinar bético: Metodología para evaluar su fitomasa. *Studia Oecologica*, 10-11: 161-169.

Robles A.B. and Passera, C.B., 1995. Native forage shrub species in south-eastern Spain: forage species, forage phytomass, nutritive value and carrying capacity. *Journal of Arid Environments*, 30: 191-196.



# Capítulo 9

Las plantas y los herbívoros han evolucionado paralelamente durante siglos, lo que las ha permitido desarrollar defensas químicas (taninos, resinas, fenoles...) y físicas (espinas, púas, pelosidad, portes arrosados,...), y a los animales estrategias para su consumo (aparato bucal apropiado, enzimas digestivas,...). Considerando este punto, es el tipo de manejo que el hombre hace lo que verdaderamente condiciona el efecto negativo o positivo de los animales sobre el medio. Así podemos hablar de un pastoreo:

- Bien manejado, cuando las comunidades vegetales mantienen o aumenta la cobertura vegetal, así como las plantas buenas forrajeras, y a su vez tiene efecto neutral o beneficioso sobre el suelo y la vida silvestre.
- Mal manejado, cuando se reduce la cubierta vegetal y las buenas forrajeras, produciendo un efecto negativo sobre la erosión y la vida silvestre.

En la bibliografía podemos encontrar diversas referencias a cerca de los efectos negativos y positivos de los herbívoros sobre el medio, consecuencia del mal o buen manejo, respectivamente, que se haga de los pastos. A continuación enumeramos algunos:

- **Efectos negativos (mal manejo):**
  - Limita la producción de semillas cuando se consume plantas en el estado fenológico de floración.
  - Altera el equilibrio ecológico entre las especies vegetales y disminuye la productividad de los pastos. Se eliminan las especies más apetecidas y aumentan las menos apetecidas.
  - Aumento de la erosión del suelo. El pisoteo excesivo disminuye la cobertura vegetal, aumenta la compactación del suelo y la escorrentía.
  - Limita el establecimiento de plantas. Las raíces de las plántulas casi no penetran en el suelo y ven limitado el aporte de agua.
  - Contaminación orgánica por heces de aguas superficiales. Como resultado de la infiltración o escorrentía introduciendo compuestos nitrogenados (amoniaco, nitratos), fósforo, otros nutrientes....
  - Puede afectar a la fauna silvestre por competencia del alimento.
- **Efectos positivos (manejo adecuado)**
  - Aumenta la calidad y cantidad de los pastos. El corte de las plantas antes de florecer mantiene a esta en un ciclo vegetativo de mayor valor nutritivo.
  - Resiembra a través de las semillas que pasan por su tracto digestivo.
  - Fertiliza el espacio pastable, redistribuyendo los nutrientes (efecto vaguada). Se incrementa el número de especies forrajeras (leguminosas y gramíneas) por resiembra y fertilización, es el caso del redileo.
  - Provoca un crecimiento más vigoroso de las plantas. Se incrementan la supervivencia en los periodos secos al reducir la superficie de transpiración del área foliar. Ello provoca un incremento de la cubierta vegetal, disminuye la erosión.
  - Contribuye a la conservación del paisaje y diversidad de la vegetación
  - Controla la vegetación de los humedales
  - Amplía las áreas pastables, aumentando la población de herbívoros salvajes
  - Es un valioso auxiliar de la silvicultura preventiva del incendio, y desbroza y afina los pastos bastos de las zonas desfavorecidas.

Junto a lo expuesto, no hay que olvidar que la práctica totalidad de nuestros Espacios Naturales Protegidos o son, o encierran, extensas áreas de pastoreo (González Rebollar *et al.*, 1996), utilizadas por el ganado de forma tradicional (ganadería estensiva).

#### 9.4. EVALUACIÓN DE SISTEMAS SILVOPASTORALES: ESQUEMA DE TRABAJO

En relación a los recursos silvopastorales mediterráneos, y lejos de lo que se podría esperar, existe una gran carencia de conocimiento en términos de:

- Catalogación de especies forrajeras
- Tipificación de pastos naturales
- Datos alométricos de la flora.- Altura, fitovolumen
- Evaluación de la Oferta forrajera de los recursos- Fitomasa total y forrajera
- Valoración nutritiva de las especies forrajeras
- Necesidades energéticas de los animales

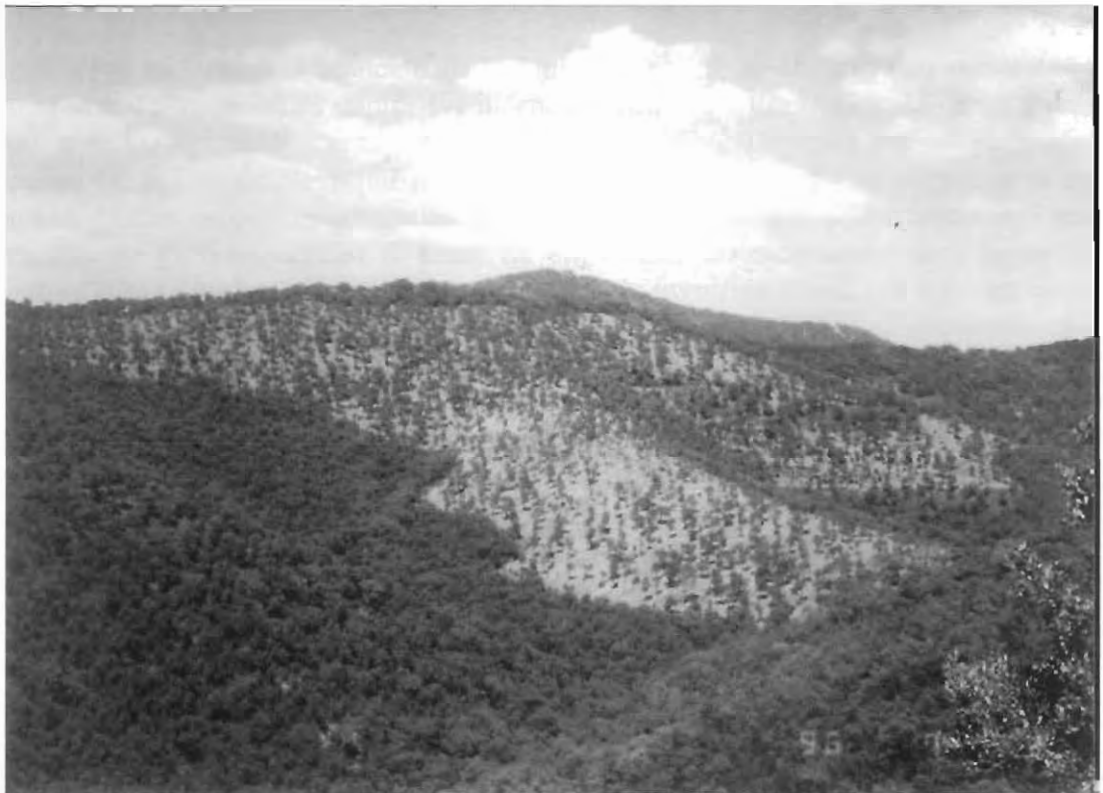
Por otra parte, existe una gran escasez de propuestas metodológicas para evaluar recursos leñosos, tanto arbustivos como arbóreos, y determinar la capacidad sustentadora o capacidad de carga óptima en dichos espacios.

Nuestro grupo de investigación viene trabajando en sistemas silvopastorales del sudeste español desde 1986 y se ha desarrollado una metodología para evaluar dichos ecosistemas que ha sido aplicada y validada en distintos espacios naturales de nuestra comunidad andaluza, así como en otros ambientes áridos-semiáridos de Sudamérica. Se trata de una metodología abierta a cualquier modificación, impuesta por los avances tecnológicos de cada época.

A continuación se presenta el esquema metodológico de trabajo (Robles, 1990; González Rebollar *et al.*, 1993; Fernández, 1995; Passera, 1999) (Figura 1):

##### 1. Evaluación de Recursos Silvopastorales

- Evaluación de la oferta forrajera
  - Aspectos Cualitativos
    - Tipificación del territorio (clasificación de pastos)
    - Catálogo de la flora forrajera
    - Mapa de pastos
  - Aspectos Cuantitativos: Evaluación de la fitomasa
    - Leñosas
    - Herbáceas
    - Suculentas
- Valoración Nutritiva (Forrajeras)
  - Análisis químicos: materia orgánica, materia seca, minerales proteína, fibra.
  - Digestibilidad de la materia seca y de la materia orgánica. A partir del dato de digestibilidad de la materia orgánica se calcula la energía metabolizable del alimento, dato que se utilizará par determinar la capacidad sustentadora.



En 1991 se creó en Francia la red de cortafuegos ("Réseau Coupures de Combustible") que agrupa a diversos organismos nacionales y regionales, de investigación, desarrollo, gestión ganadera, y gestión forestal. Su objetivo ha sido combinar acciones forestales y las pastorales en el mantenimiento de las áreas-cortafuegos, y determinar para la región mediterránea, cuales son las mejores técnicas de mantenimiento de dichas áreas (Etienne *et al.*, 1995), así como seguir su evolución, analizar y evaluar su organización y funcionamiento.

Esta red comprende alrededor de 60 zonas piloto de seguimiento periódico, repartidas en toda la región mediterránea francesa (Languedoc-Roussillon y Provence-Alpes-Cote d'Azur) (Etienne *et al.*, 1994a; Rigolot y Etienne, 1995), en ellas se presentan situaciones en las que se combinan diferentes situaciones de formación vegetal, tratamientos silvícolas y acciones pastorales:

- Tipos de formaciones vegetales.- garrigas de *Quercus coccifera*, *Q. pubescens*, y *Quercus ilex*; matorrales de cistáceas, landas de *Cytisus purgans*, maquis de *Erica arborea* y *Arbutus unedo*, de *Calycotome spinosa*, *Calluna vulgaris*, *Cytisus triflorus*, *Myrthus communis*, entre otras.
- Técnicas de intervención sobre la vegetación.- Con eliminación del matorral, tratamientos químicos, quema controlada, y pastoreo controlado.
- Modalidades de pastoreo. Diferentes especies animales (vacas, ovejas, cabras, caballos) y sistemas de pastoreo (estante, transterminante, trashumante).
- Siembra de especies forrajeras (gramíneas y/o leguminosas)

Al tratamiento de estas formaciones vegetales con las referidas técnicas de intervención es a lo que los técnicos franceses denominan "aménagements", un término que concierne tanto a variedad de condiciones ambientales como a la variedad de tratamientos. El término castellano de "manejo" no engloba la totalidad de aquel significado.

Por lo general, el pastoreo es una actividad complementaria del mantenimiento forestal (mecánica, quema dirigida, tratamientos químicos), que suele ayudarse, además, con siembras y fertilización (Legrand *et al.*, 1994, Etienne *et al.*, 1995), la originalidad de estas áreas-cortafuego, es la siembra de especies forrajeras en ellas, y su mantenimiento mediante animales

### 9.5.1. METODOLOGÍA

Metodológicamente, el equipo de investigadores del INRA de Avignon ha diseñado un protocolo de trabajo, que consiste en la toma de datos trasvasable a una base de datos informatizada en un GIS (Etienne, 1996b). Esta metodología formaliza un pormenorizado sistema de muestreo y seguimiento de las áreas cortafuegos que combina las estimaciones generales (fitovolumen arbustivo, pastoreo, siembra, etc.) con los muestreos detallados en parcelas de menor escala (1000m<sup>2</sup>). El paquete metodológico comprende para cada sitio de estudio:

- Fichero base. Describe la historia del sitio (tratamientos silvícolas), y su expresión cartográfica.
- Seguimiento general (*Suivi léger*).- Seguimiento anual y global del matorral de cada sitio. Se realiza por los organismos gestores.

- Seguimiento concreto (Suivi fin).- La evaluación se realiza en sitios seleccionados, entre los de seguimiento general, por su representatividad (ecológica y de técnicas utilizadas). En ellos se estudian tres aspectos: a) impacto de los animales sobre el estrato leñoso, b) dinámica del combustible, y c) dinámica del estrato arbóreo. Nosotros nos centraremos en los aspectos a y b.

### 9.5.2. FICHERO BASE

Contiene la información que permite describir la organización espacial de cada sitio (localización de áreas-cortafuegos, topografía, equipamiento...), y tratamientos aplicados (apertura inicial, mantenimiento, y silvicultura). Está ligado a la base de datos de un GIS que permite las salidas cartográficas de cada acción. Cada vez que se realiza un nuevo tratamiento silvícola el gestor realiza un mapa a escala 1:10.000 y una historia detallada de los manejos que se realizan. Se hacen tres cartografías básicas:

- Topográfica.- Tiene como fin el diseño de un mapa a escala 1:10.000, con curvas de nivel cada 20 m en zonas accidentadas y de 10 m en lugares llanos.
- Equipos.- Elaboración de un mapa con representación de las diferentes infraestructuras: caminos, cercados, puntos de agua, corrales, localización del área-cortafuegos.
- Vegetación.- Para cada unidad cartográfica se describe la estructura vertical y horizontal de la vegetación, así como las especies dominantes en cada uno de los tres grandes tipos de vegetación (árboles, arbustos, hierbas). Sobre un estadillo de campo se anota para cada estrato de vegetación especies dominantes (como máximo tres), y se indica su altura media y cobertura. También se indica el recubrimiento arbustivo total de la comunidad vegetal. Posteriormente, las unidades cartográficas son digitalizadas y se asocian a una base de datos que recogen toda esta información.
- Fichero base.- Para cada unidad cartográfica los gestores deben de rellenar una ficha con los tratamientos aplicados, año de apertura del cortafuegos, fecha en el que se realiza cada nuevo tratamiento. Así como, superficie de la unidad, nombre del lugar y otros tratamientos de siembra o fertilización de pastos.

### 9.5.3. SEGUIMIENTOS GENERALES (SUIVI LÉGER)

Para cada unidad cartográfica del área comprende estimaciones sobre: a) regeneración del matorral (nombre, recubrimiento, altura media de arbustos dominantes, fitovolumen), b) estado de la siembra, c) tasa de consumo por pastoreo del estrato herbáceo, d) calendario de pastoreo, y e) tratamientos realizados.

- Regeneración del Matorral.- Tras la creación de un área de cortafuegos se produce una regeneración natural del matorral. El riesgo de incendio aumenta al aumentar la cantidad de fitomasa acumulada y, en definitiva la acumulación de combustible (Legrant *et al.*, 1994).

El grado de regeneración se valora por estimación visual, como ocurría en el fichero base, y se diagnostica en base al fitovolumen total del matorral (altura media y cobertura). En un formulario se anota, para los arbustos dominantes, el nombre, el recubrimiento y la altura media. A partir de estos datos es posible reagrupar, las unidades, por clases, y realizar luego la carta de

fitovolumen arbustivo. Las Clases arbustivas son como siguen ( $m^3/ha$ ): i) 0-500, ii) 5001-1000, iii) 1001-2000, iv) 2001-4000, v) 4001-8000. El seguimiento del fitovolumen arbustivo es, pues, el indicador técnico que orienta las tareas de limpieza del monte

Se ha establecido alrededor de  $2.000 m^3/ha$  el umbral del fitovolumen arbustivo que debe ser tomado como aviso de intervención (Etienne *et al.*, 1989; 1991). Las cartas de fitovolumen son elaborados por los grupos de investigación del INRA y son transferidas al organismo encargado del control de incendios en el bosque (Office, National des Forêts: ONF) que deben estimar cuándo se realizan los trabajos de limpieza del matorral.

- Estado de las siembras.- Para garantizar la eficacia del pastoreo en las *áreas-cortafuegos* se complementa el aporte arbustivo natural con la mejora, por siembras, del pasto. Generalmente se realizan siembras de especies de interés forrajero (gramíneas o leguminosas) y fertilizaciones anuales (Armand Etienne, 1995).

Cada año, antes de la llegada del ganado (y para cada unidad cartográfica sembrada) se realiza una estimación de la densidad de especies forrajeras. Para ello, en diez puntos repartidos por igual en cada parcela, se registra la densidad aparente de cada especie sembrada (según una escala de 0 a 7 con el siguiente criterio): 0 significa fracaso de la siembra, 1- de 4 a 8 m, 2- de 2 a 4 m, 3- de 1 a 2 m, 4- de 50 cm a 1 m, 5- de 25 a 50 cm, 6 -distancia entre las plantas < 25 cm, 7-tapiz continuo.

A partir de estos datos, en base a correlaciones previamente calculadas, se estima el valor medio de plantas/ $m^2$ . Así se agrupan las unidades en clases, y se realiza los mapas de *estado de las mejoras pastorales*.

- Evaluación de la cobertura muerta.- Comprende todos los elementos vegetales muerto que caen al suelo. En cada unidad cartográfica se realiza una estimación visual según tres categorías: 1- menos del 50% de recubrimiento, 2.- de 50-75% de recubrimiento, 3 – más del 75% de recubrimiento
- Evaluación del pastoreo.- Al final de la época de pastoreo se evalúa la presión del ganado: **NP.**- no pastoreado, **PL.**- pastoreo laxo, **PF.**- pastoreo fuerte, **PMF.**- pastoreo muy fuerte, **PC.**- pastoreo en contención (parque de noche)

#### 9.5.4. SEGUIMIENTOS CONCRETOS (SUIVI FIN)

Las metodologías que caracterizan este tipo de están encaminadas, tanto a evaluar los parámetros estructurales y oferta de la vegetación (recubrimiento, fitovolumen, y fitomasa).

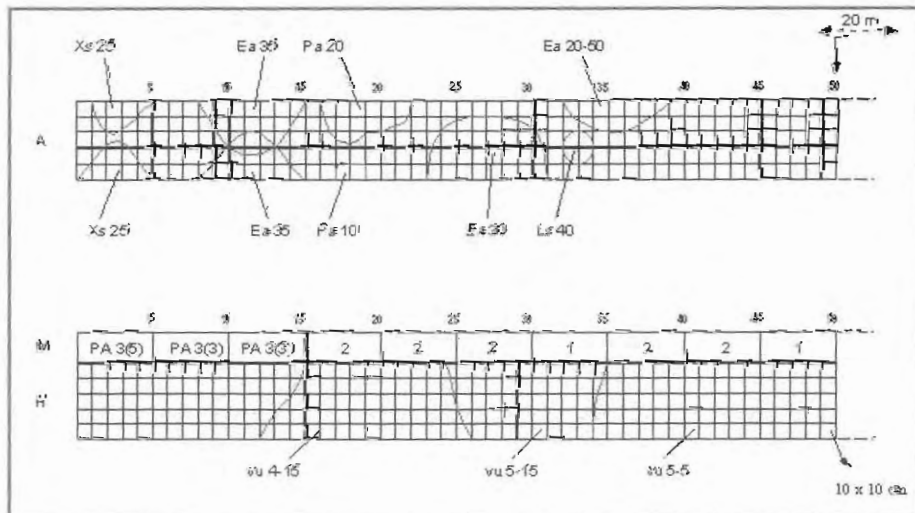
Se trata de un *paquete metodológico* que permiten conocer: la dinámica y estrategias de ocupación del espacio por especies del monte mediterráneo, el vigor de las poblaciones vegetales, la combustibilidad de una formación vegetal, la mayor o menor accesibilidad por el ganado, y la proporción ponderada de hojas consumidas por el mismo.

Este estudio se ha llevado a cabo en parcelas de muestreo de 1.000 m<sup>2</sup>, representativa del tratamiento seguido, en las cuales se instala, centralmente, un transecto de 10 m<sup>2</sup>. Este transecto, que deja en el terreno puntos de anclaje permanentes, permite rutinizar el muestreo de las parcelas mediante una serie de medidas repetidas todos los años.

- Dinámica de combustible.- El dispositivo de muestreo es un transecto fijo de 10 m<sup>2</sup> que tiene la forma de un rectángulo de 20 m de largo y 50 cm de ancho. Esta estructura se materializa en el terreno por cuatro estacas metálicas, ancladas en dos tubos permanentemente fijos en el suelo (Foto 3). Sobre las estacas, en paralelo, se instalan dos dobles decímetros graduados. Los detalles del método "bulk-transect" pueden ser consultados en Etienne y Legrand (1994) y Etienne (1996b).



Sobre un gráfico reticulado que representa los 200 x 5 cuadrados que componen la división del transecto en unidades de 10x10 cm, se dibuja la proyección vertical de cada elemento interceptado (arbustos, herbáceas, y mantillo) y, con un metro a lo largo del transecto, su altura media. Cada cuadrado representa 100 cm<sup>2</sup> reales y toda medida menor no se registra. Para facilitar la labor de campo, las medidas de herbáceas y mantillo se registran (también sobre el mismo formulario) en bandas separadas (Figura 2).



Cada especie se identifica mediante un código alfabético de dos letras (género y especie). En el caso de los arbustos, junto a éste código, se precisa la altura media de la planta (H) y la altura media del follaje (h). En las herbáceas, junto a la altura media de cada "mancha", se anota su recubrimiento medio en una escala de 2 a 6 (2= $\leq$ 10%, 3=10-25%, 4=25-50%, 5=50-75%, 6=75-100%). La medida de este estrato tiene por objeto, además del propio en el seguimiento de los incendios, determinar el grado de competitividad entre el estrato leñoso y el arbustivo.

Para la cobertura muerta (mantillo), cada transecto ha sido dividido en 40 cuadrados de 50 x 50 cm. En ellos se ha anotado un índice de recubrimiento 1 a 3 según el siguiente criterio: 1=50%, 2=50-75%, 3= $\geq$ 75%. Cuando se alcanza el valor máximo (3) se indica también la altura media del mantillo (Etienne *et al.*, 1994b; Rigolot *et al.*, 1995).

Estos transectos proporcionan los datos de recubrimiento de cada uno de los estratos estudiados (arbustivo, herbáceo, mantillo), el espesor del mantillo, y los específicos de fitovolumen y fitomasa de la oferta.

Impacto de los animales sobre el matorral.- El sobrepastoreo, por lo general, responde a un uso abusivo de los recursos, o a un mal manejo de los ganados, pero no hay que olvidar que un sobrepastoreo planificado puede ayudar al control del matorral y a las labores de selvicultura preventiva contra incendios.

El impacto del pastoreo sobre la vegetación se identifica por la disminución de la fitomasa vegetal. El método evalúa la incidencia del ramoneo en función en criterios comparativos, fácilmente detectables, entre plantas consumidas y no consumidas (Etienne *et al.*, 1995).

La estimación de la tasa de consumo del estrato arbustivo se realiza a dos niveles: parcela y transecto. A cada individuo se afecta por un índice al consumo. En el caso de los transectos cada grupo de arbustos dibujados se afecta de una nota (índice de consumo); en caso de las parcelas, sobre las 12 especies previamente seleccionadas, se realiza un muestreo al azar de 25 individuos. Cada uno de ellos recibió una nota, según el baremo de 0 a 6 que recoge la siguiente tabla de correspondencias y que permite establecer para cada clase un porcentaje de consumo:

| Nota | % Consumo | Impacto sobre la planta                       |
|------|-----------|---|
| 0    | 0         | No consumida                                  |
| 1    | 1-10      | Algunas puntas consumidas                     |
| 2    | 11-30     | Todas las puntas consumidas                   |
| 3    | 31-50     | Puntas comidas y consumo $\leq$ 50% de bordes |
| 4    | 50-70     | Puntas comidas y consumo $>$ 50% de bordes    |
| 5    | 71-90     | Solo queda algunas hojas y tallos verde       |
| 6    | 100       | Solo queda el leño                            |

El estudio proporciona tres indicadores del impacto de los animales:

- *Tasa de Consumo Global por sitio (TCG).*- Expresa el impacto medio de los animales sobre el conjunto del "amanégement": todas las especies son tenidas en cuenta por igual, independiente, de su importancia relativa.

- *Tasa de Consumo Media por estación (TCM).*- Impacto medio de los animales sobre un mismo tratamiento. Como antes, también aquí todas las especies son tenidas en cuenta, independiente, de su importancia relativa.
- *Tasa de Consumo. Específica.*- Que indica el impacto del pastoreo, bien sobre una especie dada, y para un mismo tratamiento (TCST), o sobre el conjunto del “amanégement” (TCSS).

## 9.6. BIBLIOGRAFÍA

Armand, D. et Etienne, R. (1995). Effet du couvert arboré sur la production de sursemis de trèfle souterrain dans le sud-est de la France. *Options Méditerranéennes*, 12:205-208.

Boza J., Robles, A.B., Fernández, P. y González Rebollar, J.L. (2000). Impacto ambiental en las explotaciones ganaderas del extensivo mediterráneo. *En: Globalización Medioambiental. Perspectivas agrosanitarias y urbanas*. 257-268 pp. (Eds.) Fernández-Buendía, F., Pablos, M.V. y Tarazona, J.V. MAPA. Madrid.

Etienne, M. (1996a). Research on temperate and tropical silvopastoral system: a review. In: *Western European Silvopastoral Systems*. 5-19 pp. (Ed.) Etienne, M. INRA. France.

Etienne, M. (1996b). *Recueil des méthodes utilisées au sein du Réseau Coupures de Combustible*. INRA. Secrétariat du Réseau. Avignon. 31 pp.

Etienne, M. et Legrand, C. (1994) A non-destructive method to estimate shrubland biomass and combustibility. In: *2<sup>nd</sup> International Conference on Forest Fire Research*. Vol I: 713-721. Coimbra. Portugal.

Etienne, M., Huber, B. et Misika, B. (1994a). Sylvopastoralisme en région méditerranéenne. *Revue forestière française*, 46: 30-41.

Etienne M., Mas I., M. et Rigolot E. (1994b). Combining techniques of fuel reduction for fuel-break maintenance in the french mediterranean region. In: *2<sup>nd</sup> International Conference on Forest Fire Research*. Vol I: 713-721. Coimbra. Portugal.

Etienne M., Derkzo M. et Rigolot E. (1995). Impact du pâturage sur les arbustes dans des aménagements sylvopastoraux à l'objectif de prévention des incendies. *Options Méditerranéennes*, 12:217-220.

Fernández García, M.P., (1995). *Aprovechamiento silvopastoral de un agrosistema mediterráneo de montaña en el sureste ibérico: evaluación potencial forrajera y capacidad conservadora*. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad de Granada.

Ferrer, C., San Miguel, A. y Ocaña, M. (1997). Propuesta para un nomenclator definitivo de pastos en España. *Pastos*, 27 (2): 125-161.

Gastó J. (1979). *Ecología. El hombre y la transformación de la naturaleza*. 573 pp. Ed. Universitaria. Santiago de Chile.

González Rebollar, J.L., Robles, A.B., Morales, C., Fernández, P., Passera, C. y Boza, J., (1993). Evaluación De La Capacidad Sustentadora De Pastos Semiáridos Del S.E. Ibérico. *En: Nuevas fuentes de alimentos para la producción animal IV. Jornadas y Congresos*, nº 30: 29-46. (Eds.) Gómez, A. y De Pedro, E.J. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. Sevilla.

González Rebollar, J.L., Boza, J., Robles, A.B., Morales, M.C. Fernández García, P., (1996). Sierra Nevada: La ganadería extensiva en la gestión de un espacio natural. *En:*

Tabla 1. Valores máximos permitidos de metales pesados en el suelo. a: CEC (1986); b: Real decreto 1310/1990 (pH: menor a 7); c: (pH: mayor a 7); d: Adriano *et al.*, (1995); e: Resolución de la Junta n° 0027/1999 anteproyecto de reglamento de lodos no peligrosos. \*: Adriano *et al.*, (1995)

| Metal Pesado  | C.E.<br>(mg/kg) | España<br>(mg/kg) | España<br>(mg/kg) | USA<br>(mg/kg) | Inglaterra<br>(mg/kg) | Dinamarca<br>(mg/kg) | Chile<br>(mg/kg) |
|---------------|-----------------|-------------------|-------------------|----------------|-----------------------|----------------------|------------------|
|               | a               | b                 | c                 | d              | d                     | d                    | e                |
| Cadmio (Cd)   | 1 - 3           | 1                 | 3                 | 20             | 3                     | 0,5                  | 40               |
| Cobre (Cu)    | 50 - 140        | 50                | 210               | 750            | 135                   | 40                   | 1500             |
| Cromo (Cr)    | 100 - 150       | 100 *             | 100 *             | 1500           | 400                   | 30                   |                  |
| Mercurio (Hg) | 1 - 1,5         | 1                 | 1                 | 8              | 1                     | 0,5                  | 20               |
| Niquel (Ni)   | 30 - 75         | 30                | 112               | 210            | 75                    | 15                   | 420              |
| Plomo (Pb)    | 50 - 300        | 50                | 300               | 150            | 300                   | 40                   | 300              |
| Zinc (Zn)     | 150 - 300       | 150               | 450               | 1400           | 300                   | 100                  | 2800             |

### 10.1.2. CICLO DE UN SUELO CONTAMINADO

El ciclo de una contaminación del suelo y su remediación se observa gráficamente en la figura 1, en donde sus principios básicos están relacionados en primer lugar con la apreciación científica, seguido por una apreciación de la autoridad política, luego por una acción política y legislativa y finalmente por la calidad de la medida correctora del problema. En primera instancia, la comunidad científica da a conocer el problema y atrae la atención de las autoridades políticas. Luego las medidas a adoptar deben ser aprobadas por los legisladores, siendo estas acciones decretadas, desarrolladas y llevadas a cabo con la participación pública y de las industrias implicadas. Pueden pasar muchos años hasta que se solucione el problema de forma completa, dependiendo todo de la naturaleza y extensión de la contaminación, demanda social, tecnología adoptada y costos (Adriano, 1986).

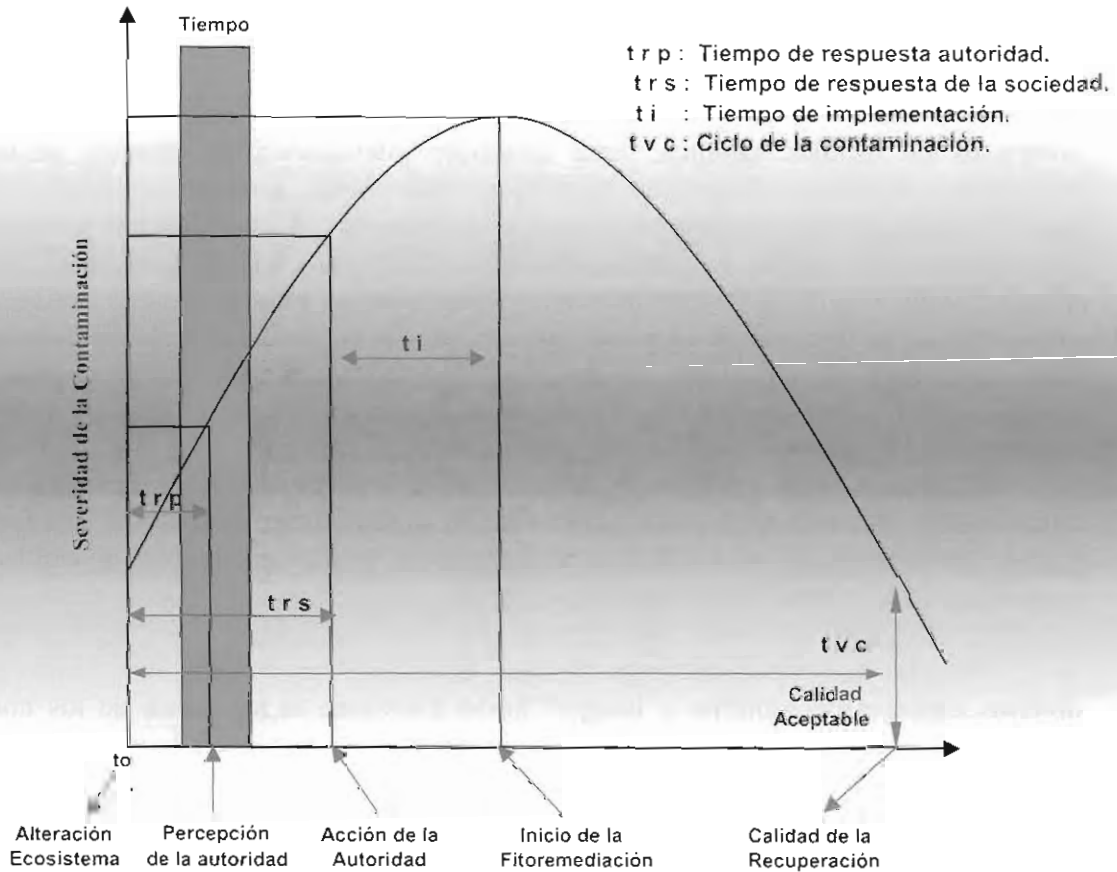


Figura 1. Ciclo de una contaminación del suelo por metales pesados. Modificado de Adriano *et al.*, (1986).

### 10.1.3. METALES PESADOS EN EL SUELO

El término metal pesado se utiliza en forma general y como tal se acepta en estudios de medio ambiente. Sin embargo, este término se refiere estrictamente a elementos metálicos con una masa específica mayor de  $5 \text{ g.cm}^{-3}$  capaces de formar sulfuros. Desde un punto de vista de presencia, un término más correcto podría corresponder a metales traza, ya que este último se basa sólo en su concentración ( $<0.1\%$  en suelo o  $100 \text{ mg.Kg}^{-1}$  en materia seca de las muestras biológicas). Algunos de estos metales, sin embargo, son micronutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas, tales como el Co ( $8.9 \text{ g.cm}^{-3}$ ), Cu ( $8.96 \text{ g.cm}^{-3}$ ), Fe ( $7.87 \text{ g.cm}^{-3}$ ), Mn ( $7.43 \text{ g.cm}^{-3}$ ), Mo ( $10.2 \text{ g.cm}^{-3}$ ), Ni ( $8.9 \text{ g.cm}^{-3}$ ) and Zn ( $7.13 \text{ g.cm}^{-3}$ ), (Marschner, 1995), mientras que otros no tienen función biológica conocida, Ag ( $10.49 \text{ g.cm}^{-3}$ ), Cd ( $9.8 \text{ g.cm}^{-3}$ ), Cr ( $7.19 \text{ g.cm}^{-3}$ ), Hg ( $13.55 \text{ g.cm}^{-3}$ ), Pb ( $11.4 \text{ g.cm}^{-3}$ ) y Tl ( $11.85 \text{ g.cm}^{-3}$ ) (Verklej y Schat, 1990). Sólo para algunas especies muy bien delimitadas pueden ser necesario el V ( $6.0 \text{ g.cm}^{-3}$ ) (Ernst, 1982). El aluminio ( $2.70 \text{ g.cm}^{-3}$ ), a pesar de no ser un metal pesado, es uno de los metales que presenta mayores problemas en suelos minerales ácidos (Horst, 1995), en los sistemas productivos agrícolas y forestales (Borie y Rubio, 1999). Algo similar ocurre con el arsénico ( $5.73 \text{ g.cm}^{-3}$ ), metaloide que provoca serios daños tóxicos tanto en el medioambiente como en la transferencia desde éste a la cadena trófica. De esta manera, utilizaremos el mismo término de metal pesado

tanto para aluminio como para arsénico, aunque incorrecto en sentido estricto, pero apropiado según sus problemas potenciales de toxicidad (Enkhtuya *et al.*, 2000).

Los metales están presentes en el suelo en forma de iones metálicos libres, complejos de metales solubles, iones metálicos intercambiables, metales unidos a compuestos orgánicos, compuestos insolubles como óxidos, carbonatos e hidróxidos o pueden formar parte de la estructura de metales silicatados. La toxicidad de los metales en el suelo depende de su biodisponibilidad, definida como la capacidad de ser transferido del suelo a un organismo viviente (Juste, 1988). De acuerdo con Berthelin *et al.*, (1995), la biodisponibilidad es una función no sólo dependiente de la concentración total del metal sino también de factores físico-químicos (pH, materia orgánica, contenido de arcillas) y biológicos (bioabsorción, bioacumulación y solubilización).

La presencia de metales pesados en suelos, a concentraciones elevadas, actúa como agente selectivo de la actividad biológica, dando como resultado un ecosistema con una población muy resistente a estos elementos derivando en una baja diversidad de especies en cada uno de sus niveles (Ernst, 1990).

Se sabe que concentraciones elevadas de metales en el suelo son tóxicas para diversas especies de bacterias y hongos. Se ha estudiado la tolerancia de los microorganismos a los metales en el suelo no sólo con objeto de reducir la contaminación, sino que también para conocer la posible adaptación de los organismos vivientes a condiciones extremas del medio ambiente. El potencial solubilizador de metales pesados de algunos microorganismos del suelo ha atraído el interés biotecnológico ya que representa la base biológica para la inclusión de estos en el suelo, como en la biohidrometalurgia (Rossi, 1990; Torma, 1988).

Los suelos contaminados con metales pesados como Cd, Cr, Cu, Pb, Ni, Se y Zn son un gran problema medioambiental ya que existe una contaminación potencial de las aguas subterráneas, de sitios colindantes a los contaminados por transferencia eólica de materiales, una redistribución de suelo o sedimento contaminado, por absorción de la vegetación y una bioacumulación en la cadena alimentaria (Chaney *et al.*, 1998). El destino de los metales en el suelo es dependiente, como ya se dijo, de procesos físicos, mineralógicos, químicos y biológicos, lo que controla su especiación, retención, solubilización, transporte y biodisponibilidad (Ross, 1994). Entre estos procesos encontramos: el intercambio iónico; adsorción específica; precipitación de superficie; disolución/precipitación; quelación; transformación redox; extracción, fijación y transformación por las plantas y biota del suelo; exudados de organismos vivos y descomposición de biomasa muerta; transporte de agua entre capas del suelo y lixiviados. La dinámica de estos procesos depende de: las características específicas del metal en cuestión, de las propiedades del suelo, de las plantas y microorganismos involucrados y de las condiciones climáticas entre muchos otros (Wenzel *et al.*, 1999).

#### 10.1.4. CONTAMINANTES MIXTOS

En muchos sitios industrializados, la contaminación de los suelos no sólo se limita a los metales pesados. La presencia de contaminantes orgánicos con índices elevados de diversos metales pesados, presenta un problema añadido al momento de definir qué plantas son las más idóneas para utilizar en un modelo de remediación de

suelos contaminados. Comúnmente los contaminantes orgánicos incluyen TNT (Trinitrotolueno), procedentes de industrias de armamento, solventes orgánicos como el benceno y tolueno y diversos compuestos como el PCP (Pentaclorofenol), PCBs (Bifenilos policlorados), dioxinas y PAH (Hidrocarburos poliaromáticos), entre otros. La extracción de estos contaminantes orgánicos del suelo por las plantas no sólo dependerá de la capacidad de ésta para metabolizar estos componentes, sino también dependerá de los microorganismos rizosféricos participantes, esenciales en el proceso de rehabilitación del suelo (Saxena *et al.*, 1999). De esta manera, los niveles altos de actividad metabólica que se han encontrado en las raíces y tallos de las plantas, se pueden utilizar para ayudar en los procesos de fitoremediación de contaminantes orgánicos (Schnoor *et al.*, 1995).

### 10.1.5. MANEJO DE RESIDUOS CONTAMINANTES

Una de las características de la sociedad moderna es la creciente acumulación de productos químicos en el medioambiente. Principalmente son en forma de productos químicos para uso ambiental y el material residual propio de la industria. Como se ha señalado, estos residuos generados por la actividad antropogénica derivan de una naturaleza muy variada y compleja lo que provoca graves problemas ecológicos en ausencia de una gestión adecuada. Un ejemplo de gestión adecuada se puede indicar en la aplicación de sistemas de depuración de aguas residuales como una alternativa a la mejora de la calidad de los residuos evacuados al medio natural, procesos de amplia aplicación desde hace años en países industrializados (Benítez, 1996).

En términos agrícolas, muchos países desarrollados aprovechan un porcentaje alto de lodos residuales procedentes de depuradoras (Sauerbeck, 1987). Estos residuos utilizados como fertilizantes tienen la facultad de aumentar la tasa de agregación del suelo, mejorando su estabilidad estructural, favoreciendo la percolación de agua con el consecuente beneficio para el desarrollo de los microorganismos y crecimiento radical de las plantas (Díaz-Burgos, 1990). Además, favorecen la capacidad de intercambio catiónico, aumentan los niveles de nitrógeno (N), mejorando la nutrición nitrogenada de los cultivos (Clapp *et al.*, 1986), y aumentan considerablemente los niveles extraíbles y totales de fósforo (P) del suelo (Brendecke *et al.*, 1993). No obstante, se debe tener muy en cuenta que la calidad de estos residuos de depuradoras va a depender tanto de su origen como del tratamiento efectuado en las mismas. De esta forma, si no se toman las medidas adecuadas se puede pasar de un beneficio para el suelo y las plantas, a un riesgo de contaminación debido a la presencia de elevadas concentraciones de micronutrientes y metales pesados, lo que puede afectar la cadena trófica y ser muy tóxico para el desarrollo de los seres vivos (Marschner, 1995).

La presencia de concentraciones altas de metales pesados en los lodos residuales es uno de los mayores riesgos asociados a su uso en los sistemas agrícolas, el cual como se indicara, puede transferirse directamente a la cadena trófica (Jackson y Alloway, 1991), y tener un efecto potencialmente tóxico sobre el desarrollo de los seres vivos (Marschner, 1995).

De esta forma, la utilización de estos lodos residuales en la agricultura hace necesario crear una normativa, más exigente, que regule su uso y aplicación a los suelos, con el fin de evitar su deterioro y una posible transferencia a la capa freática.

Además, como ya se ha mencionado la legislación actual de la Unión Europea establece niveles máximos de metales en suelos agrícolas. La concentración máxima de metales admisibles en comestibles esta basada en numerosos estudios relacionados con su fitotoxicidad y zootoxicidad (Ewers, 1991).

### 10.1.6. METALES PESADOS Y PLANTAS

Los metales pesados generalmente restringen el crecimiento de las plantas y por lo tanto su demanda de nutrientes. Una de las primeras y más notorias reacciones de las plantas bajo este estrés son los cambios en el crecimiento. De esta manera las plantas que crecen en estas condiciones generalmente tienen un potencial bajo para absorber nutrientes esenciales (Chapin, 1991).

En general los órganos que tienen el primer contacto con las sustancias nocivas, son las raíces, las que muestran cambios rápidos y sensibilidad en sus características de crecimiento (Baker y Walker, 1989).

Los metales pesados se pueden agrupar en elementos esenciales o micronutrientes y elementos no esenciales o tóxicos, de acuerdo con el efecto que producen en las plantas. Los efectos de estos metales sobre el crecimiento de las plantas se pueden observar claramente en la curva de dosis-respuesta (Figura 2).

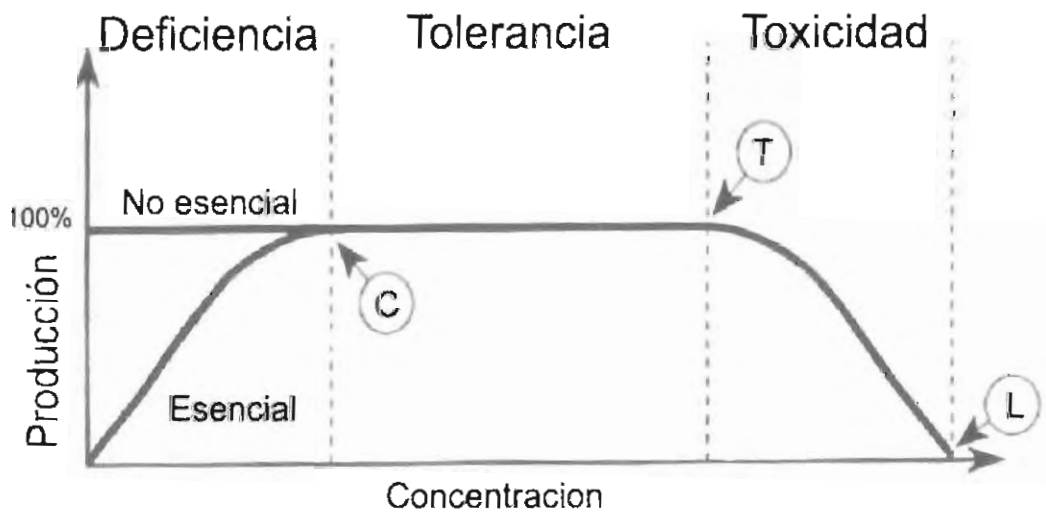


Figura 2. Curva dosis-respuesta para elementos esenciales y no esenciales. C = Deficiencia crítica. T= Umbral de toxicidad. L= Toxicidad letal. (Berry y Wallace, 1981).

La ausencia de un elemento esencial causa un crecimiento anormal, y no se puede sustituir por otros en su función bioquímica. La curva de dosis respuesta tiene 3 fases para los elementos esenciales: deficiencia, tolerancia y toxicidad. Para los elementos no esenciales no existe la fase de deficiencia.

El nivel crítico es el contenido de un determinado elemento, por encima del cual la planta no responde positivamente a un incremento de ese elemento. Un contenido por

debajo del nivel crítico afecta a la productividad, sin que se aprecien síntomas visuales de deficiencia, y únicamente cuando la deficiencia es extrema aparecen síntomas visuales (Fuentes, 1994).

Muchas plantas desarrollan síntomas de estrés cuando se exponen a concentraciones elevadas de metales pesados esenciales o no esenciales. Las plantas tolerantes, sin embargo, pueden adaptarse a concentraciones elevadas de metales pesados en su medio de crecimiento (Dietz *et al.*, 1999). Uno de los mecanismos de tolerancia a los metales pesados, se basa en la reducción de su entrada en la planta y una vez absorbidos los metales pesados, la planta puede desarrollar mecanismos que permitan su almacenamiento en lugares no perjudiciales para las células (Steffens, 1990).

Entre los mecanismos de tolerancia a los metales pesados en plantas, cabe destacar: la producción de compuestos intracelulares fijadores de metales, las alteraciones del metabolismo celular y las alteraciones en la estructura de la membrana (Verkleij y Schat, 1990). Por ejemplo, se sabe que las plantas de *Armeria maritima*, tolerantes al cobre, acumulan este metal en las vacuolas de las hojas (Lichtenberger y Neumann, 1997). También se ha sugerido este tipo de secuestro vacuolar en *Thlaspi caerulescens* caracterizada por su gran capacidad de acumulación de Zn y Ni (Vázquez *et al.*, 1994). Otro de los mecanismos de tolerancia bien estudiados es la formación de quelatos dentro o fuera del citoplasma (Steffens, 1990). Taylor (1987) sugiere que la exclusión de metales desde el simplasma es un mecanismo de tolerancia a los metales pesados muy importante en las plantas superiores. Esta exclusión opera en dos niveles: a) Ausencia o restricción de la absorción en el transporte del metal pesado; b) Mecanismos externos de las plantas, donde encontramos las interrelaciones con hongos formadores de micorrizas (Baker y Walker, 1990). Entre los posibles mecanismos de restricción de la absorción de metales pesados por las plantas tenemos la producción de compuestos intracelulares fijadores de metales, o sustancias quelantes (Verkleij y Schat, 1990). Como ejemplo tenemos que los cambios en la capacidad fijadora de metales de la pared celular, al aumentar, inhibe la razón de absorción de cobre (Cathala y Salsac, 1975).

#### 10.1.6.1. Traslocación de metales en la planta

Los metales pesados son transportados en los tejidos de las plantas a través del apoplasto (Greger, 1999). En los vasos del xilema los metales son probablemente traslocados en forma de complejos. De esta manera podemos encontrar que, el zinc se puede ser transportado formando quelatos con ácidos orgánicos, el cobre en forma de complejo con aminoácidos, y el cadmio probablemente como ion divalente (Hardiman y Jacoby, 1984; Mench *et al.*, 1988; White *et al.*, 1981).

#### 10.1.6.2. Distribución de metales en la planta

Los metales se pueden fijar a las paredes celulares durante su transporte por la planta, lo que explica el por qué muchos metales se acumulan en las raíces, cerca del 75–90%, mientras que en el tallo solo se encuentran pequeñas cantidades (Greger,

1999). En plantas como *Salix* los metales pesados se acumulan de forma mayoritaria en la madera del tronco (Greger y Landberg, 1995a).

### 10.1.6.3. Potencial de bioconcentración de metales en la planta

La absorción de metales en relación con la concentración externa del metal puede diferir en diferentes genotipos de plantas. Baker, (1981) propone una estrategia básica (Figura 3) en donde algunas plantas denominadas excluidoras, puede absorber bajas cantidades del metal, aunque su concentración externa sea alta. Este mecanismo de restricción de la absorción del metal puede romperse en el momento en que la concentración externa del metal sea muy alta, con lo que se potencia la acción tóxica del mismo y su absorción masiva.

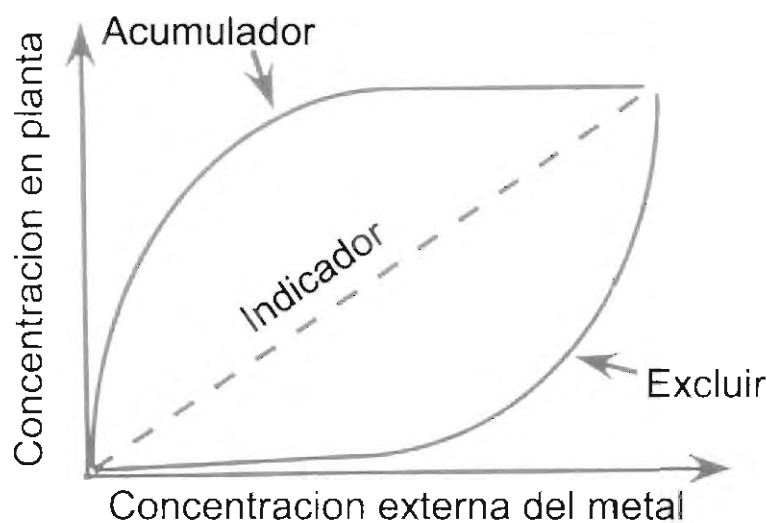


Figura 3. Características de la absorción de metales por tres plantas diferentes. Fuente: Baker, (1981)

Otras plantas llamadas acumuladoras, tienden a acumular cantidades elevadas del metal aunque su concentración externa sea muy baja. Estas plantas poseen en sus tejidos ciertos mecanismos de destoxificación, lo que le permite la acumulación alta de los metales. Na concentración externa elevada de este metal no incrementa su absorción, probablemente por la competencia entre los distintos iones metálicos por el sitio de absorción.

Por último tenemos las plantas indicadoras. Estas plantas tienen una concentración en sus tejidos que reflejan la concentración externa del metal, incrementando linealmente con un incremento en la concentración del metal en el medio externo. De esta manera, hay plantas con distintos grados de absorción de metales, por lo que es necesario estandarizar valores basándose en los datos propuestos por Markert, (1994), con el fin de conocer las concentraciones de metales que se puede encontrar en una planta normal (Tabla 2).

Tabla 2. Composición normal de elementos traza en una planta. (Markert, 1994).

| Elemento Traza | Símbolo | $\mu\text{g g}^{-1}$ |
|----------------|---------|----------------------|
| Aluminio       | Al      | 80                   |
| Cadmio         | Cd      | 0,05                 |
| Cromo          | Cr      | 1,5                  |
| Cobalto        | Co      | 0,2                  |
| Cobre          | Cu      | 10                   |
| Oro            | Au      | 0,001                |
| Hierro         | Fe      | 150                  |
| Manganeso      | Mn      | 200                  |
| Mercurio       | Hg      | 0,1                  |
| Molibdeno      | Mo      | 0,5                  |
| Niquel         | Ni      | 1,5                  |
| Plata          | Ag      | 0,2                  |
| Plomo          | Pb      | 1                    |
| Zinc           | Zn      | 50                   |

## 10.2. IMPORTANCIA DE LOS MICROORGANISMOS DEL SUELO.

### 10.2.1. HONGOS DEL SUELO

Los microorganismos más abundantes del suelo son las bacterias y luego los hongos los que por su mayor tamaño, aportan la mayor parte del protoplasma microbiano total en suelos cultivados y con buena aireación (McAllister *et al.*, 1994). La presencia de hongos es mayor en las capas orgánicas de suelos forestales. En general, habitan un entorno complejo, y sus características nutricionales y fisiológicas determinarán en gran medida su habilidad para convivir con otros microorganismos.

El número de hongos en suelo varía proporcionalmente con el contenido de materia orgánica. El pH es otra de las variables ecológicas que gobiernan la actividad y composición de la flora microbiana. En zonas con un pH bajo está dominada por hongos, siendo los responsables de gran parte de las transformaciones bioquímicas en estos hábitats. La aplicación de fertilizantes inorgánicos modifica la población fúngica más como consecuencia de la acidificación del medio que por la adición de nutrientes. El agua del suelo afecta directamente la abundancia y función de los hongos. Su capacidad de catalizar cambios químicos en el suelo puede desaparecer completamente en presencia de poca cantidad de agua.

Muchos géneros de hongos aparecen más frecuentemente en los suelos, presentando un crecimiento activo y esporulación abundante. Entre ellos cabe destacar: *Penicillium spp.*, *Aspergillus spp.*, *Fusarium spp.*, *Trichoderma spp.*, *Mucor spp.* y *Rhizopus spp.*

Garret (1970) los clasifica ecológicamente en saprobios de suelo y hongos que infectan raíz. Aquellos que comúnmente colonizan la materia orgánica, como son *Aspergillus spp.*, *Trichoderma spp.*, *Fusarium spp.*, *Mucorales* y otros, se reconocen, como saprobios obligados, aunque pueden ser patógenos de semillas, o atacar raíces de plantas debilitadas por situaciones de estrés físico (Alexander, 1977).

El crecimiento de la planta y su desarrollo están controlados, en gran medida, por el suelo que rodea a la raíz, un entorno que la planta ayuda a crear a través de la amplia variedad de compuestos orgánicos que libera. Hale *et al.*, (1981) clasifican estos materiales en exudados, secreciones, mucílagos, mucigeles y lisados. Esta región del suelo que rodea la raíz y que presenta una alta actividad microbiana es denominada rizósfera (Balandreau y Knowles, 1978) la que puede dividirse en: a) rizósfera externa o suelo rizosférico que comprende la región del suelo que rodea la raíz, en íntimo contacto con ella. A esta zona es a la que se refieren los estudios clásicos sobre rizósfera. b) micorrizósfera: formada por el tejido cortical de la raíz invadido y colonizado por microorganismos saprobios y simbióticos. c) micosfera: espacio de suelo formado por las hifas extraradicales de hongos MA (Linderman, 1988). d) rizoplana: constituida por la superficie de la raíz y los microorganismos que viven en ella.

### 10.2.2. HONGOS FORMADORES DE SIMBIOSIS MICORRÍCICA

Las raíces de la mayoría de las especies vegetales terrestres, forman una asociación simbiótica mutualista con hongos del suelo, que recibe el nombre de

micorriza (Ocampo, 1980a; Linderman, 1994; Smith y Read, 1997). Sin este tipo de simbiosis un gran número de especies vegetales, incluidas muchas especies arbóreas, no podrían sobrevivir (Pritchett, 1991).

Evolutivamente se han diferenciado distintos tipos, que distinguimos según los caracteres morfo-anatómicos que desarrollan. Existe una gran diversidad en cuanto a morfología y fisiología de las asociaciones micorrícicas, (Figura 4). Cabe destacar cinco tipos principales de micorrizas: arbusculares o endomicorriza, orquidoides, ericoides, arbutoides y formadoras de manto o ectomicorriza (Barea 1998).

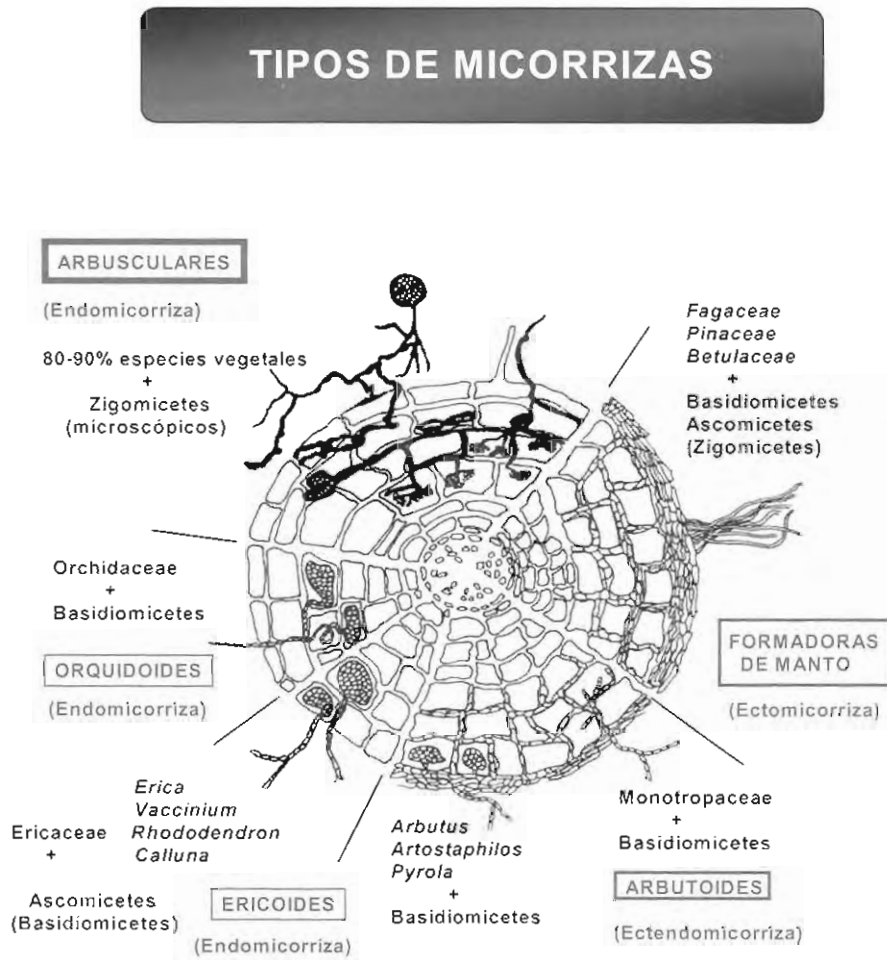


Figura 4. Tipos de micorrizas. (Barea, 1998).

Esta simbiosis mutualista puede considerarse como organismos dobles en el sentido de que el órgano a través del cual absorben agua y nutrientes las plantas, esta constituido por la raíz y el hongo simbionte que vive con ella (Honrubia *et al.*, 1997). A pesar de lo anterior, en algunas ocasiones la relación hongo-planta puede cambiar de

Estudios posteriores han demostrado que la inoculación dual MA - bacterias beneficiosas, ya sean bacterias fijadoras de nitrógeno (Bagyaraj y Menge, 1978; Barea *et al.*, 1983; Subba Rao *et al.*, 1985; Tilak, 1985), solubilizadoras de P (Azcon Aguilar y Barea, 1978; Raj *et al.*, 1981) o promotoras del crecimiento (Burr y Caesar, 1983), produce un efecto positivo sobre el crecimiento del hospedador. Otros trabajos recogen efectos beneficiosos de la inoculación de bacterias sobre el desarrollo de plantas micorrizadas (Barea *et al.*, 1983), sin establecer las razones de este resultado. No se descarta que las bacterias utilizadas interactúen a más de un nivel metabólico.

En los últimos años, se ha estudiado la influencia de distintos factores sobre el desarrollo "in vitro" de los hongos responsables de la micorrización MA, con el fin de lograr su crecimiento independiente (Azcon-Aguilar *et al.*, 1991; Hepper, 1984; Siqueira, 1987). En muchos casos el problema del desarrollo *in vitro* de estos hongos se plantea desde la misma germinación, que puede ser baja, errática y frecuentemente muy lenta (Hardie, 1985).

Se han investigado factores físicos, químicos y biológicos, con especial interés, entre estos últimos, en la estimulación que los microorganismos rizosféricos pudieran ejercer sobre la germinación y desarrollo saprofito de esporas MA, ya que la germinación de éstas frecuentemente aumenta en placas contaminadas con hongos o bacterias. Los primeros datos fueron aportados por Mosse (1959); Mejstrik (1965). Más tarde, Daniels y Trappe (1980); Barea y Azcón-Aguilar (1982) destacaron la estimulación directa que la microbiota del suelo parecía ejercer sobre los estadios saprofitos preinfectivos de *G. mosseae*.

Mosse (1959) y Daniels y Trappe (1980) explicaron de forma opuesta la reducción de la germinación y crecimiento hifal de *Gigaspora sp.* en medio estéril (Wilson, 1984). Mientras la primera atribuye el efecto a la falta de sustancias estimulantes producidas por la microflora, los segundos sostienen que ésta actuaría metabolizando autoinhibidores en la espora. Una tercera hipótesis prescinde del efecto-microorganismo, atribuyendo la inhibición a un exceso de nutrientes resultante de la esterilización (Wilson, 1984).

### 10.3. IMPORTANCIA DE LAS PLANTAS LEÑOSAS EN LA RECUPERACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS

#### 10.3.1. ALTERNATIVAS DE REMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS POR METALES PESADOS

Hay que tener en cuenta, que los metales pesados no pueden ser eliminados fácilmente. La restauración de suelos contaminados por metales pesados está limitada a las técnicas de inmovilización o extracción/concentración. Entre las opciones de restauración de lugares contaminados por metales pesados los métodos de fitorestauración ó fitoremediación, han cobrado gran interés recientemente (Anderson y Coats, 1994; Arriagada *et al.*, 2001; Salt *et al.*, 1995). La fitoremediación, cuyo término deriva del griego *phyto* (planta) y del latín *remedium*, es el uso de la vegetación para el tratamiento *in-situ* de la contaminación de suelos, sedimentos y agua. Muchos autores han descrito los procesos generales que se pueden utilizar para remediar los suelos contaminados, aunque muchos de ellos combinan entre si estos procesos (Adriano *et al.*, 1995;

Cunningham *et al.*, 1995; Gert, 2000; Salt *et al.*, 1998; Saxena *et al.*, 1999). Estos procesos se pueden resumir de la siguiente forma:

**Fitovolatilización:** Uso de plantas o actividad microbiana asociada, para facilitar la absorción y consecuente volatilización del contaminante a la atmósfera, a través de enzimas especializadas en transformar, degradar y volatilizar el contaminante en el sistema planta-microorganismos-suelo (Rugh, 1996), por ejemplo generación de Hg<sup>0</sup> ó dimetilselenido (Li *et al.*, 2000). No existen trabajos en los que se haya estudiado el papel de hongos micorrícicos y saprobios en este proceso.

**Bioremediación/Rizodegradación:** Proceso en que se utilizan las asociaciones entre plantas y microorganismos del suelo para remediar la contaminación de los suelos con componentes orgánicos. Estos componentes están biodisponibles fácilmente y los microorganismos pueden metabolizarlos siendo degradados posteriormente en las raíces de las plantas (Cunningham *et al.*, 1995; Salt *et al.*, 1998; Saxena *et al.*, 1999).

**Fitotransformación/Fitodegradación:** Consiste esencialmente en la absorción y transformación de contaminantes orgánicos y nutrientes. Las plantas absorben el contaminante, lo metabolizan mediante actividad enzimática y pueden degradarlos hasta componentes no tóxicos o menos tóxicos (EPA, 1998; Schnoor, 1997). Algunos autores también le denominan fitoestimulación.

**Rizofiltración:** Este proceso utiliza plantas desarrolladas en medio líquido para a través de sus raíces absorber, concentrar, precipitar y secuestrar los metales contaminantes desde cursos de agua contaminados con lodos residuales y sistemas de reciclado de nutrientes.

**Fitoestabilización:** El principio del método de la fitoestabilización es promover el crecimiento de la planta para reducir o eliminar la disponibilidad de los metales, minimizar la erosión por agua o viento, mejorar las características del suelo (contenido en materia orgánica en particular) y reducir el lavado de metales. Este proceso se utiliza mayoritariamente cuando la contaminación por metales pesados es relativamente baja. La fitoestabilización es, sin embargo, una solución temporal, ya que los metales no se eliminan y hay un riesgo que aumenta con el tiempo, de movilización de metales en la rizósfera y de su transferencia desde las plantas a los animales, razón por la que es más adecuado el uso de plantas poco palatables. Por esta razón, las plantas fitoestabilizantes deben también inmovilizar metales en las raíces y procurar una acumulación baja de los mismos en la parte aérea. Las plantas micorrizadas son de gran interés ya que las micorrizas pueden unir metales y limitar su translocación a la parte aérea. Este tratamiento incluye una fertilización apropiada, tanto mediante una reducción de la disponibilidad de metales como usando diferentes especies de plantas tolerantes a metales. La combinación de micorrizas con fertilizantes mejorará el establecimiento de la planta en suelos contaminados (Hetrick *et al.*, 1994).

**Fitoextracción:** Proceso mediante el cual se utilizan plantas específicas que puedan transportar, absorber y servir como productoras de suficiente biomasa en el campo para concentrar y posteriormente eliminar los metales del suelo. La mayoría de las plantas acumuladoras de metales pertenecen a la familia *Brassicaceae*, como *Thlaspic caerulescens* hiperacumuladora de Cd (Li *et al.*,

2000), y que es no micotrófica. Sin embargo, estas plantas producen poca biomasa, comparadas con otras como *Salix* o *Eucalyptus* con gran potencial de extracción (Greger y Landberg, 1995b; Pereira, 1998). En este sentido Pereira y Herrera (1997a) indican que la micorrización de plantas de *E. globulus* y *E. camaldulensis* incrementan la supervivencia de las plántulas desarrollándose en algunos suelos muy contaminados por metales pesados. Este efecto positivo también se traduce en el aumento de producción de biomasa si se compara con plantas no inoculadas (Pereira, 1998).

Dentro del proceso de fitoextracción, Salt, (2000), distingue dos estrategias diferentes: Una fitoextracción inducida en la que se aplica un quelato al suelo que induce una mayor absorción del metal de interés, por parte de la planta (Figura 5 A). Como ejemplo podemos mencionar la aplicación de quelatos sintéticos con una gran afinidad con el metal que se desea extraer, como EDTA para Pb y EGTA para Cd (Blaylock *et al.*, 1997), citrato para uranio (Huang *et al.*, 1998) y amonio tiocianato para oro (Anderson *et al.*, 1998).

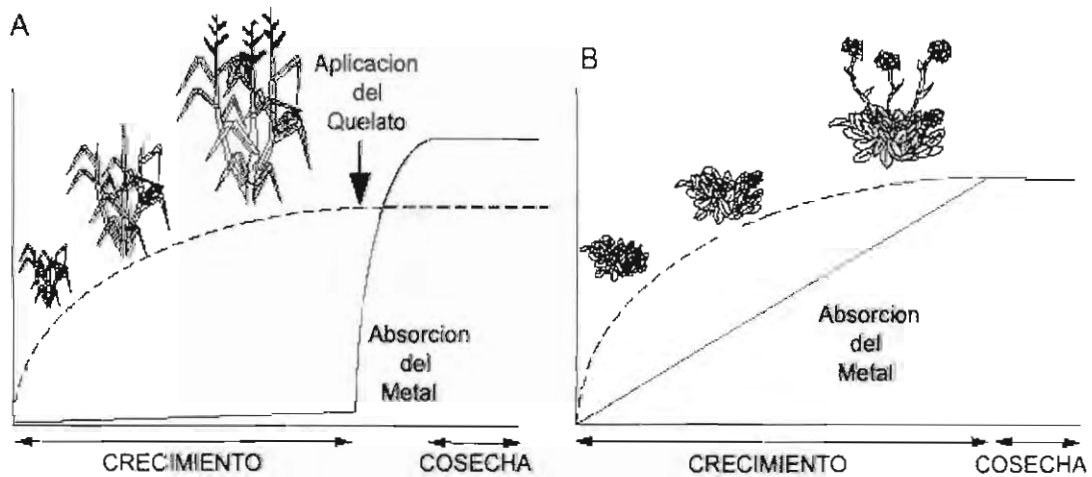


Figura 5. A. Representación esquemática de los procesos de fitoextracción. Esquema de fitoextracción inducida (quelato asistida). B. Esquema de fitoextracción continua. Fuente: Salt, 2000.

La segunda estrategia de fitoextracción incluye el uso de procesos fisiológicos especializados que permiten a las plantas acumular el metal durante todo su ciclo de crecimiento (Figura 5 B). De acuerdo con esta estrategia, se requieren plantas tales como *Salix* o *Eucalyptus* capaces de producir gran cantidad de biomasa aérea (Greger y Landberg, 1997b; Pereira, 1998).

La colonización de las plantas por hongos arbusculares y la capacidad asimiladora de las plantas micorrizadas va a depender de una serie de factores entre los que cabe destacar: propiedades físico-químicas del suelo (Wang y Chao, 1992), nivel de fertilización (Lambert *et al.*, 1979; Thompson, 1990), pH (El-Kherbawy *et al.*, 1989; Killham y Firestone, 1983), planta hospedadora (Griffioen y Ernst, 1989; Kucey y Janzen, 1987), hongo arbuscular implicado (Gildon y Tinker, 1981), compatibilidad del hospedador y el simbiote (Denny y Wilkins, 1987), la concentración de metales pesados en el suelo (Koomen *et al.*, 1990) y la acción de otros microorganismos tales como los hongos saprobios.

### 10.3.2. ESPECIES SUSCEPTIBLES DE UTILIZAR EN UN PROGRAMA DE FITOREMEDIACIÓN FORESTAL

Una de las plantas idóneas para los programas de fitoremediación son las del género *Eucalyptus*. El género *Eucalyptus*, pertenece a la familia *Myrtaceae*, subfamilia *Leptospermoidae* y agrupa en torno a las 600 especies.

Entre las características más destacables de las especies de este género se encuentra su capacidad de crecer rápidamente en ambientes adecuados y de resistencia a las condiciones edafológicas restrictivas de suelos marginales procedentes de cultivos agrarios, favoreciendo la formación de suelo y su regeneración (Montoya, 1995). Se ha utilizado en programas de recuperación de suelos severamente erosionados y de zonas áridas (Prado y Toro, 1996). También se ha utilizado en zonas propensas a sufrir incendios forestales. La gran resistencia de *Eucalyptus* al fuego, puede deberse al sistema que presenta para el crecimiento y desarrollo de los brotes, basado en la existencia de dos tipos de yemas, de forma que si se destruyen las yemas axilares normales se activan las yemas axilares accesorias. Asimismo presentan yemas epicórnicas y formaciones de lignotúber, que son estructuras globosas que se forman a la altura de las primeras hojas de las plántulas, a medida que la plántula se desarrolla. A nivel foliar, el género *Eucalyptus*, presenta un marcado polimorfismo que se traduce en destacadas diferencias entre hojas juveniles, intermedias y maduras.

En general, se acepta que el género *Eucalyptus* tiene una gran demanda de luz y no soporta una cubierta superior, por lo que si en un momento dado, se desarrollan en esas condiciones, las plantas no crecen de forma adecuada pudiendo morir debido a su carácter intolerante. Diversas especies del género *Eucalyptus*, entre las que se encuentran *E. camaldulensis* y *E. tereticornis*, presentan una gran plasticidad para desarrollarse en un amplio gradiente hídrico.

Durante mucho tiempo se ha pensado que el género *Eucalyptus* agota los recursos hídricos, el origen de esta idea radica en que se ha utilizado para reducir la humedad de áreas anegadas. No obstante, se tiene que tener en consideración que, cuando disminuye el contenido de agua del suelo, las plantas tienden a crecer más lentamente con un menor consumo del recurso hídrico.

Cuando los eucaliptos no están sujetos a una producción silvícola intensiva, mejoran el suelo y no existen pruebas de que degraden el terreno. Por el contrario se ha observado que en suelos muy pobres, como los arenales de Huelva, los eucaliptales viejos y nunca recepados, han mejorado notablemente los suelos, siendo en la actualidad muy superiores en contenidos de nutrientes y en materia orgánica, comparado con su entorno deforestado, razón por la cual actualmente se están usando en el cultivo de frutales Montoya (1995).

Las raíces de eucalipto pueden colonizarse por dos tipos de hongos micorrícicos, formando dos tipos de simbiosis: micorrizas arbusculares y ectomicorrizas (Asai, 1934). La asociación de eucalipto con micorrizas arbusculares fue primero descrita por Asai (1934) siendo posteriormente profundizada por Maeda (1954), sin embargo, la primera colonización artificial en condiciones controladas fue más tarde (Boudarga y Dexheimer, 1988; Malajzuk *et al.*, 1981). Las micorrizas arbusculares parecen estar más presentes en plántulas jóvenes mientras que las ectomicorrizas se encuentran con mayor

frecuencia en plantas de cierta edad (Chilvers *et al.*, 1987). Sin embargo, ambos tipos de simbiontes pueden presentarse simultáneamente en las mismas secciones de la raíz. Normalmente, el hongo arbuscular coloniza la parte interna del córtex, de la raíz, mientras que el hongo ectomicorrícico está restringido a la partes externas de la misma (Chilvers *et al.*, 1987).

El *Eucalyptus globulus* Labill, también conocido como eucalipto blanco, es una de las especies más extendidas en el mundo, principalmente por su rápido crecimiento y su gran producción de biomasa. Introducida en Europa en 1774, se utilizó al comienzo como una especie ornamental y para desecar zonas cenagosas, aunque en estos momentos, su principal uso es el productor, fundamentalmente para pasta de celulosa (Riguiero, 1993). Esta especie posee una amplia plasticidad de crecimiento en suelos de baja fertilidad, empobrecidos o marginales, aunque no tolera suelos calcáreos (Pereira *et al.*, 1996).

Uno de los países que cuenta con mayor superficie plantada de *E. globulus*, en el mundo es España, con unas 550.000 Ha (Pereira *et al.*, 1996), que están localizadas principalmente en Andalucía, Galicia, Asturias y Cantabria. Concretamente, en la provincia de Huelva, hay unas 95.000 Ha dedicadas a esta especie (Riguiero, 1993).

La mayoría de las plantaciones se llevaron a cabo en España después de 1960, en terrenos abandonados por la agricultura, debido a la baja calidad de los suelos y a la pérdida de fertilidad (Pereira *et al.*, 1996). La silvicultura del eucalipto es muy sencilla, al faltar en ella las claras, cortas de regeneración, así como otras actuaciones forestales específicas sobre los estratos leñosos, reduciéndose las dificultades técnicas de la repoblación y la ejecución correcta de las cortas en los momentos más adecuados (Montoya, 1995).

## 10.4. BIBLIOGRAFÍA

Adrianpo, D.C. 1986. Trace elements in the terrestrial environment. Springer-Verlag., New York, N.Y. 536p.

Adriano, D., Chlopeka, A., Kaplan, D., Clusters, H. y Vangronsveld J. 1995. Soil contamination and remediation: philosophy, science and technology. En: Proceedings Third International Conference On The Biogeochemistry Of Trace Elements. Paris (France) 15-19 May 1995. 465:504 p.

Alexander, M. 1977. Introduction to soil microbiology. 2nd. ed. Wiley. New York.

Anderson, C.W.N., Books R.R., Stewart R.B. y Simock R. 1998. Harvesting a crop of gold in plants. Nature 395: 553-554.

Anderson, T.A. y Coast J.R. 1994. Bioremediation through rhizosphere technology. ACS Symposium Serie. Washington, D.C.

Arines, J., Vilariño, A. y Sáinz, M. 1989. Effect of different inocula of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on manganese content and concentration in red clover (*Trifolium pratense* L.) plants. New Phytologist 112: 215-219.

Arnold. P.T. y Kapustka, L.A. 1987. VA mycorrhizal colonization and spore populations in an abandoned agricultural field after five years of sludge application. Ohio Journal Science 87: 112-114.

Ariagada, C. y Herrera, M. 1999. Restoration of mine soils contaminated by heavy metals through improved forest species. En: Proceedings of the International Congress Mine Water y Environment, Spain. Vol 1: 119-123.

Arriagada, C., Herrera, M. y Ocampo, J. 2001. Establecimiento de *Eucalyptus globulus* en suelos contaminados con metales pesados y recuperación de su flora microbiana. III Congreso Forestal Español.

Asai, T. 1934. Uber das Vorkommen und die Bedeutung der Wurzelpilze in den Landpflanzen. Japanese Journal of Botany 7: 107-150.

Azcón-Aguilar, C. y Barea, J.M. 1978. Effects of interactions between different culture fractions of phospho-bacteria and Rhizobium on mycorrhizal infection, growth and nodulation of *Medicago sativa*. Canadian Journal of MicroBiology 24: 520-524.

Azcón-Aguilar, C., Díaz Rodríguez, R.M. y Barea, J.M. 1986a. Effect of soil microorganisms on spore germination and growth of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus mosseae*. Transaction of the British Mycological Society. 91: 337-340.

Azcón-Aguilar, C., Díaz-Rodríguez, R.M. y Barea, J.M. 1986. Effect of free-living fungi on the germination of *G. mosseae* on soil extract. En: Mycorrhizae: Physiology and Genetics. V. Gianninazzi-Pearson y S. Gianninazzi, (eds.) pp 515-519. INRA. Paris.

Azcón-Aguilar, C., García, F. y Barea, J.M. 1991. Germinación y crecimiento axénico de los hongos formadores de micorrizas VA. En: Fijación y Movilización Biológica de

- Nutrientes. II. Fijación de Nitrógeno y micorrizas. J. López Gorgé, J. Olivares y J.M. Barea. (eds.). CSIC.
- Baath, E. 1989. Effects of heavy metals in soil on microbial processes and populations. *Water, Air and Soil Pollution* 47: 335-379.
- Bagyarag, D.J. y Menge, J.A. 1978. Interaction between a VA mycorrhiza and *Azotobacter* and their effects on rhizosphere microflora and plant growth. *New Phytologist*. 80: 567-573.
- Baker, A.J.M. 1981. Accumulators and excluders strategies in the response of plants to heavy metals. *Journal of Plant Nutrition* 3: 643.
- Baker, A.J.M. 1987. Metal tolerance. *New Phytologist* 106: 93-111.
- Baker, A.J.M. y Walker, P.L. 1990. Ecophysiology of metal uptake by tolerant plants. In: *Heavy Metal Tolerance in Plants: Evolutionary Aspects*. Shaw, A. J. (ed.) pp 156-177. CRC Press, Boca raton Florida.
- Balandreau, J. y Knowles, R. 1978. The rhizosphere. En: *Interactions between non-pathogenic soil microorganisms and plants*. Dommerges, Y.R. y Kruppa, S.V. (eds.) pp. 243-268. Elsevier, Amsterdam.
- Barea, J.M. 1998. Biología de la rizosfera. *Investigación y Ciencia (Scientific American)*. 256: 74-81.
- Barea, J.M. y Azcón-Aguilar, C. 1982. Interactions between mycorrhizal fungi and soil microorganisms. En: *Les Mycorhizes: Biologie et Utilization*. National Institute of Agronomic Research (INRA). pp 181. France.
- Barea, J.M., Bonis, A.F. y Olivares, J. 1983. Interactions between *Azospirillum* and VA mycorrhiza and their effects on growth and nutrition of maize and ryegrass. *Soil Biology and Biochemistry*. 14: 705-709.
- Benítez, E. 1996. Capacidad fertilizante y contaminante de lodos de depuradora generados en la provincia de Granada. Tesis doctoral Universidad de Granada.
- Berthelin, J., Munier-Lamy, C. y Leyval, C. 1995. Effect of microorganisms on mobility of heavy metals in soils. En: *Metals, other Inorganics, and Microbial Activities. (Environmental Impacts of Soil Component Interactions, vol 2)* (Huang, P.M., Berthelin, J., Bollag, J.M., McGill, W.B., Page, A.L. Eds.). Lewis, Boca Raton, Florida, pp. 3-17.
- Berry, W.L. y Wallace, A. 1981. Toxicity: the concept and relationship to the dose response curve. *Journal of Plant Nutrition*. 3: 13-19.
- Bethlenfalvay, G.J. y Frason, R.L. 1989. Manganese toxicity alleviated by mycorrhizae in soybean. *Journal of Plant Nutrition* 12: 953-970.

- Blaylock, M.J., Salt, D.E., Dushenkov, S., Zakharova, O., Gussman, C., Kapulnik, Y., Ensley, B.D. y Raskin, I. 1997. Enhanced accumulation of Pb in Indian mustard by soil-applied chelating agents. *Environmental Science & Technology*. 31: 869-865.
- Borei, F. y Rubio, R. 1999. Effects of arbuscular mycorrhizae and liming on growth and mineral acquisition of aluminum-tolerant and aluminium-sensitive barley cultivars. *Journal of Plant Nutrition*. 22: 121-137.
- Boudarga, K. y Dexheimer, J. 1988. Etude ultrastructurale des endomycorhizes à vésicules et arbuscules de jeunes plants d'*Eucalyptus camaldulensis* (Denhardt) Myrtacées. *Bulletin de la Société Botanique de France* 135: 111-121.
- Bradley, R., Burt, A.J. y Read, D.J. 1981. Mycorrhizal infection and resistance to heavy metal toxicity in *Callun vulgaris*. *Nature* 292: 335-337.
- Brookeps, P.C. y Verstraete, W. 1989. The functioning of soil as an ecosystem. In: *Soil Quality Assessment: State of the Art Report on Soil Quality. Final Report to the Commission of the European Communities, Directorate-General XII, Contract EV4A/0008/NL, Agricultural University Wageningen*.
- Brown, M.T. y Wilikins, D.A. 1985. Zinc tolerance of mycorrhizal *Betula*. *New Phytologist* 99: 101-106.
- Brundrett, M., Bougher, N., Grove, T. y Malajczuk, N. 1996. Working with mycorrhizas in forestry and agriculture. *ACIAR*. Canberra. 374 pp.
- Bürkert, B. y Robson, A. 1994. Zn uptake in subterranean clover (*Trifolium subterraneum* L.) by three vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in a root-free sandy soil. *Soil Biology and Biochemistry* 26: 1117-1124.
- Burr, T.J. y Caesar, A. 1983. Beneficial plant bacteria. *Chemical Rubber Co. Crit. Rev. Plant Science*. 2: 1-20.
- Calvet, C. Barea, J.M. & Pera, J. 1992. In vitro interactions between the vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus mosseae* and some saprophytic fungi isolated from organic substrates. *Soil Biology and Biochemistry*. 24: 775-780.
- Calvet, C., Pera, J. y Barea, J.M. 1993. Growth response of marigold (*Tagetes erecta* L.) to inoculation with *Glomus mosseae*, *Trichoderma aureoviride* and *Phytium ultimum* in a peat-perlite mixture. *Plant and Soil* 148, 1-6.
- Camporota, P. 1985. Antagonisme in vitro de *Trichoderma spp.* vis à vis de *Rhizoctonia solani* Khün. *Agronomie* 5 (7): 613-620.
- Cathala, N. y Salsac, L. 1975. Absorption du cuivre par les racines de maïs (*Zea mays* L.) et le tournesol (*Helianthus annuus* L.). *Plant and Soil* 42.
- Cec (Commission of the European Community). 1986. Council directive on the protection of the environment and in particular of the soil, when sewage sludge is used in agriculture. *Official Journal European Communities* L181: 6-12.

Filion, M., St-Arnaud, M. y Fortin, J.A. 1999. Direct interaction between the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* and different rhizosphere microorganisms. *New Phytologist* 141: 525-533.

Finlay, R. y Söderström, B. 1992. Mycorrhiza and carbon flow to the soil. In: *Mycorrhizal Functioning*. M. Allen ed. Chapman y Hall, New York. pp 134-160

Fitter, A.H. 1991. Costs and benefits of mycorrhizas: Implications for functioning under natural conditions. *Experientia* 47: 350-355.

Fracchia, S., Mújica, M.T., García-Romera, I., García-Garrido, J.M., Martín, J., Ocampo, J.A. y Godeas, A. 1998. Interactions between *Glomus mosseae* and arbuscular mycorrhizal sporocarp-associated saprophytic fungi. *Plant and Soil*. 200: 131-137.

Fuentes, J.L. 1994. El suelo y los fertilizantes. 4ª Edición. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 327 p.

García-Romera, I., García-Garrido, J.M., Martín, J., Fracchia, S., Mujica, M.T., Godeas, A. y Ocampo, J.A. 1998. Interactions between saprophytic *Fusarium* strains and arbuscular mycorrhizas of soybean plants. *Symbiosis* 24: 235-246.

Garret, S.D. 1970. Pathogenic root infecting fungi. Cambridge Univ. Press. Cambridge.

Gert, A. 2000. Phytoremediation of soil and sludge with special examination of heavy metal contamination. En: *Bioremediation of Contaminated Soils*. Wise, D *et al.* (eds.) pp: 787-809. Dekker, Inc. New York.

George, E., Romheld, V. y Marschner, H. 1994. Contribution of mycorrhizal fungi to micronutrient uptake by plants. En: *Biochemistry of Metal Micronutrients in the Rhizosphere*. Manthey, J.A., Crowley, D.E., Luster, D.G. (eds.) pp. 93-199. CRC, Boca Raton, Florida.

Gerdemann, J.W. y Nicolson, T.H. 1963. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Transaction of the British Mycological Society*. 46: 235-244.

Gildon, A. y Tinker P.B. 1981. A heavy metal tolerant strain of mycorrhizal fungus. *Transaction of the British Mycological Society*. 77: 648-649.

Gildon, A. y Tinker, P.B. 1983a. Interactions of vesicular-arbuscular mycorrhizal infection and heavy metals in plants. I. The effects of heavy metals on the development of vesicular-arbuscular mycorrhizas. *New Phytologist* 95: 247-261.

Gildon, A. y Tinker, P.B. 1983b. Interactions of vesicular-arbuscular mycorrhizal infection and heavy metals in plants. II. The effects of infection on uptake of copper. *New Phytologist* 95: 263-268.

Godeas, A., Fracchia, S., Mújica, M.T. y Ocampo, J.A. 1999. Influence of soil impoverishment on the interaction between *Glomus mosseae* and saprobe fungi. *Mycorrhiza* 9: 185-189.

- Godbold, D.L. y Jentschke, G. 1998. Aluminium accumulation in root cell walls coincides with inhibition of root growth but not with inhibition of magnesium uptake in Norway Spruce. *Physiologia Plantarum*. 102: 553-560.
- Graham, J.H., Leonard, R.T. y Menge, J.A. 1981. Membrane-mediated decrease in root exudation responsible for phosphorus inhibition of vesicular-arbuscular mycorrhiza formation. *Plant Physiology*. 68: 548-552.
- Greger, M. 1999. Metal availability and bioconcentration in plants. En: *Heavy Metal Stress in Plants. From molecules to ecosystem*. Prasad and Hagemeyer (eds.) pp 1-27. Springer – Verlag Berlin.
- Greger, M. y Landberg, T. 1995a. Cadmium accumulation in *Salix* in relation to cadmium concentration in the soil. Report from Vattenfall Utveckling AB 1995-1999 (en Sueco).
- Greger, M. y Landberg, T. 1995b. Use of willow clones with high Cd accumulating properties in phytoremediation of agricultural soils with elevated Cd levels. En: *Proceedings of the 3rd International Conference on the Biogeochemistry of Trace Elements*, 15-20 May 1995, Paris.
- Griffioen, W.A.J. y Ernst, E.H.O. 1989. The role of VA mycorrhiza in the heavy metal tolerance of *Agrostis capillaris* L. *Agricultural, Ecosystem and Environment*. 29: 173-177.
- Griffioen, W.A.J., Jetswaart, J.H. y Ernst, W.H.O. 1994. Mycorrhizal infection of an *Agrostis capillaris* population on a copper contaminated soil. *Plant and Soil* 158: 83-89.
- Gryndler, M. 2000. Interactions of arbuscular mycorrhizal fungi with other soil organisms. En *Arbuscular Mycorrhizas: Physiology and Function*. Kapulnik, Y and Douds D.D (eds.) pp: 239-262. Academic Publishers. Netherlands.
- Hale, M.G., Moore, L.D. y Griffin, G.J. 1981. Factors affecting root exudation and significance for the rhizosphere ecosystems. En: "Biological and Chemical Interactions in the Rhizosphere". Symp. Proc. Ecol. Res. Comm., Swed. nat Sci. Res. Counc., Estocolmo, pp. 43-71.
- Hardie, K. 1985. The effect of removal of extraradical hyphae on water uptake by vesicular-arbuscular mycorrhizal plants. *New Phytologist*. 101: 677-684.
- Hardiman, R.T. y Jacoby, B. 1984. Absorption and translocation of Cd uptake in bush beans (*Phaseolus vulgaris*). *Physiologia Plantarum* 61: 670-674.
- Harley, J. L. y Smith, S.E. 1983. *Mycorrhizal symbiosis*. Academic Press. London. 483 pp.
- Haselwandter, K. y Berreck, M. 1994. Accumulation of radionuclides in fungi. En: *Metal Ions in Fungi*. Winkelmann, G. and Winge, D.R. (eds.) pp. 259-277. Dekker, New York.

- Malajczuk, N., Linderman, R.G., Kough, J. y Trappe, J.M. 1981. Presence of vesicular-arbuscular mycorrhizae in *Eucalyptus* sp. and *Acacia* sp., and their absence in *Banksia* sp. after inoculation with *Glomus fasciculatus*. *New Phytologist* 87: 567-572.
- Markert, B. 1994. Plants as biomonitors – Potential advantages and problems. In: Biogeochemistry of trace elements. Adriano DC, Chen ZS, Yang SS (eds.) pp 601-613. Science and Technology Letters Northwood, New York.
- Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of higher plants. Second edition. Academic Press, London. 889 pp.
- McAllister, C.B., García-Garrido, J.M, García-Romera, I., Godeas, A. y Ocampo, J.A. 1996. Interactions between *Alternaria alternata*, *Fusarium equiseti* and *Glomus mosseae*. I. Endophyte-saprophyte interactions in vitro. *Symbiosis* 20 : 163–174.
- McAllister, C.B., García-Garrido, J.M., García-Romera, I., Godeas, A. y Ocampo, J.A. 1997. Interaction between *Alternaria alternata* or *Fusarium equiseti* and *Glomus mosseae* and its effects on plant growth. *Biology and Fertility of Soil* 24: 301-305.
- McAllister, C.B., García-Romera, I., Godeas, A. y Ocampo, J.A. 1994. Interaction between *Trichoderma koningii*, *Fusarium solani* and *Glomus mosseae*: Effects on plant growth, arbuscular mycorrhizas and the saprophyte inoculants. *Soil Biology and Biochemistry* 26: 1363-1367.
- McAllister, C.B., García-Romera, I., Mariñ, J., Godeas, A. y Ocampo, J.A. 1995. Interaction between *Aspergillus niger* van Tiegh. And *Glomus mosseae*. (Nicol. & Gerd.) Gerd. & Trappe. *New Phytologist*. 129: 309-316.
- McGrath, S.P., Brookes, P.C. y Giller, K.E. 1988. Effects of potentially toxic elements in soil derived from past applications of sewage sludge on nitrogen fixation by *Trifolium repens* L. *Soil Biology and Biochemistry* 20: 415-424.
- McGee, P.A. 1987. Alteration of growth of *Solanum opaeum* and *Plantago drummondii* and inhibition of regrowth of hyphae of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi from dried root pieces by manganese. *Plant and Soil*. 101: 227-233
- Medeiros, C.A.B., Clark, R.B. y Ellis, J.R. 1994. Effects of excess manganese on mineral uptake in mycorrhizal sorghum. *Journal of Plant Nutrition* 17: 2203-2219.
- Mejstrik, J. 1965. Study of the development of endotrophic mycorrhiza in the association of *Cladietum marisci*. En: "Plant Microbe Relationship". Eds. J. Macura y V. Vancura. pp. 283-290. Praga. Czechoslovak Academy of Science.
- Mench, M., Morel, J.L., Cuckert, A. y Guillet, B. 1988. Metal binding with root exudates of low molecular weight. *Journal Soil Sciences* 33: 521-527.
- Meyer, J. 1985. Analizing the VA mycorrhizosphere. *Proceedings 6th N. Am. Conf. on Mycorrhizae*, ed. R. Molina, pp. 121-122.
- Montoya, J.M. 1995. El eucalipto. Mundi-Prensa. Bilbao. 125 p.

- Mosse, B. 1959. Observations on the extra-matrical mycelium of a vesicular-arbuscular endophyte. Transaction of the British Mycological Society. 42: 439.
- Nicolson, T.H. 1967. Vesicular-arbuscular mycorrhiza: A universal plant symbiosis. Science Oxford 55: 561-581.
- Ocampo, J.A. 1980. Micorrizas VA. I. Características generales. Anales de edafología y agrobiología. Tomo XXXIX: 351-365.
- Ocampo, J.A. 1993. Influence of pesticides on VA mycorrhizae. En: Pesticide Interactions in Crop Production. Beneficial and Deleterious Effects. (J. Altman, ed) pp 213-226. CRC Press. Boca Raton, Florida:
- Pacovsky, R.S. 1986. Micronutrient uptake and distribution in mycorrhizas of phosphorus fertilized soybean. Plant and Soil 95: 379-388.
- Paget, D.K. 1975. The effect of Cyindrocarpon on plant growth responses to VA mycorrhiza. En: "Endomycorrhizas" Sanders, F.E., Mosse y B. Tinker, P.B. Eds. Academic Press, Londres. pp 593.
- Pearson, J.N. y Jakobsen, I. 1993. The relative contribution of hyphae and roots to phosphorus uptake by arbuscular mycorrhizal plants, measured by dual labeling with  $^{32}\text{P}$  and  $^{33}\text{P}$ . New Phytologist 124: 489-494.
- Pereira, G.E. 1998. Efecto de las micorrizas vesículo arbusculares en plántulas de *Eucalyptus globulus* (Labill.) y *E. camadulensis* (Dehnh.) en relación a la tolerancia de sustancias fitotóxicas. Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba.
- Pereira, G.E. y Herrera, M.A. 1997a. Efecto de las micorrizas vesículo arbusculares en el crecimiento de plántulas leñosas establecidas en suelos contaminados con metales pesados. En: V Jornadas de la Asociación Española de Ecología Terrestre. Córdoba. pp. 208.
- Pereira, J.S., Tomé, M., Madeira, M., Oliveira, A.C., Tomé, J. y Almeida, M.H. 1996. *Eucalypt* plantations in Portugal. En: Nutrition of *Eucalypts*. Attiwill, P. M. y Adams, M. A. (eds.) pp 371-387. CSIRO Publishing. Australia.
- Perry, A.D. y Amaranthus, M.P. 1990. En: Environmental restoration science and strategies for restoring the earth. Berger, J.J. (ed.) Island Press, Washington, D.C.
- Prado, J.A. y Toro, J.A. 1996. Silviculture of *Eucalypt* plantations in Chile. In: Nutrition of *Eucalypts*. Attiwill, P. M. & Adams, M. A. (ed.) pp 357-369. CSIRO Publishing. Australia.
- Pritchett, W.L. 1991. Suelos forestales. Propiedades, conservación y mejoramiento. Editorial Limusa. México. 634 pp.
- Raj, J., Bagyaraj, D.J. y Manjunath, M. 1981. Influence of soil inoculation with vesicular-arbuscular mycorrhiza and a phosphate-dissolving bacterium on plant growth and  $^{32}\text{P}$ -uptake. Soil Biology and Biochemistry. 13: 105-108.

Rambelli, A. 1973. The rhizosphere of mycorrhizae. En: "Ectomycorrhizae", eds. G.L. Marks y T.T. Kolowski. Academic Press., New York, 444 pp.

Ratnayake, M., Leonard, R.T. & Menge, J.A. 1978. Root exudation in relation to supply of phosphorus and its possible relevance to mycorrhizal formation. *New Phytologist*. 81: 543-552.

Rhodes, L.H. y Gerdemann, J.W. 1975. Phosphate uptake zones of mycorrhizal and non-mycorrhizal onions. *New Phytologist* 75: 555-561.

Rhodes, L.H. y Gerdemann, J.W. 1978. Influence of phosphorus nutrition on sulphur uptake by vesicular-arbuscular mycorrhize of onion. *Soil Biology and Biochemistry*. 10: 361.

Riguiero, A. 1993. El eucalipto, un árbol controvertido. *Montes* 31: 43-46.

Ross, S.M. 1994. Retention, transformation and mobility of toxic metals in soils. En: *Toxic metals in soil-plant systems*. Ross SM (ed). pp 63-151. Wiley, Chirchester.

Rossi, G. 1990. *Biohydrometallurgy*. McGraw-Hill, Hamburg.

Rugh, C.L., Dayton-Wilde, H., Stack, N.M., Thompson, D.M., Summers, A.O. y Meagher, R.B. 1996. Mercuric ion reductase resistance in transgenic *Arabidopsis thaliana* plants expressing a modified bacterial merA gene. *Proc Natural Academic Science USA* 93: 3182-3187.

Salt, D.E., Blaylock, M., Kumar, N.P.B.A., Dushenkov, V., Ensley, B.D., Chet, I. y Raskin, I. 1995. Phytoremediation: a novel strategy for the removal of toxic metals from the environment using plants. *Biotechnology* 13: 468-474.

Salt, D.E, Smith, R.D. y Raskin, I. 1998. Phytoremediation. *Annual Review Plant Physiology and Plant Moleculer Biology*. 49: 643-668.

Sauerbeck, D.R. 1987. Effect of agricultural practices on the physical, chemical and biological properties of soils: Part II. Use of sewage sludge and agricultural wastes. In: *Scientific Basis for Soil Protection in the European Community*. Barth, H., L'Hermite, P. (eds.) pp. 181-210. Elsevier Applied Science, London.

Saxena, P., Krishnaraj, S., Dan, T., Perras, M. y Vettakkorumakankav, N. 1999. Phytoremediation of heavy metal contaminated and polluted soils. En: *Heavy Metal Stress in Plants. From molecules to ecosystem*. Prasad and Hagemeyer (eds.) pp 305-329. Springer – Verlag Berlin.

Schnoor, J.L. 1997. *Phytoremediation, Technology Overview Report, Ground-Water Remediation Technologies Analysis Center, Series E, Vol. 1, October*.

Schnoor, J., Licht, L., Mccutcheon, S., Wolfe, N. y Carreira, L. 1995. Phytoremediation of contaminated soils and sediments. *Environmental Science Technology*. 29: 318-323.

- Schramm, J.E. 1966. Plant colonization studies on black wastes from anthracite mining in Pennsylvania. *Transactions of the American Philosophy Society* 56: 1-94.
- Schüepp, H., Dehn, B. y Sticher, H. 1987. Interaktionen zwischen VA-mycorrhizen und Schwermetallbelastungen. *Angewandte Botanik* 61: 85-95.
- Schwab, S.M., Menge, J.S. y Leonard, R.T. 1983. Quantitative and qualitative effects of phosphorus on extracts and exudates of sudangrass roots in relation to vesicular-arbuscular mycorrhiza formation. *Plant Physiology*. 73: 761-765.
- Siqueira, J.O. 1987. Cultura axénica e monoxénica dos fungos micorrízicos vesículo-arbusculares. En: "II Reuniao Brasileira sobre Micorrizas". pp. 44-70. Sao Paulo, Brasil.
- Smith, S.E. 1974. Mycorrhizal fungi. *Crit. Rev. Microbiology*. 3: 275-313.
- Smith, G.C. y Brennan, E. 1984. Reponse of silver maple seedlings to an acute dose of root applied cadmium. *Forest Science*. 30: 582-586.
- Smith, S.E. y Read, D.J. 1997. *Mycorrhizal symbiosis*, 2nd edn. Academic, San Diego.
- Steffens, J.C. 1990. The heavy metal-binding peptides of plants. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*. 41: 553-575.
- Subba Rao, N.S., Tilak, K.V.B.R. y Singh, C.S. 1985. Synergistic effect of vesicular-arbuscular mycorrhizas and *Azospirillum brasilense* on the growth of barley in pots. *Soil Biology and Biochemistry*. 17: 119-121.
- Sylvia, D.M. y Williams, S.E. 1992a. *Mycorrhizae in Sustainable Agriculture*. ASA Special Publication no. 54, p.102.
- Sylvia, D.M. y Williams, S.E. 1992b. Vesicular-arbuscular mycorrhizae and environmental stresses. In: Bethlenfalvay, G.J. & Linderman, R.G. (eds.) *Mycorrhizae in Sustainable Agriculture*. pp. 101-124. ASA No 54, Madison, WI, USA.
- Taylor, G.J. 1987. Exclusion of metals from the symplasm: a possible mechanism of metal tolerance in higher plants. *Journal of Plant Nutrition* 10: 1213
- Thompson, J.P. 1990. Soil sterilization methods to show VA-mycorrhizae aid P and Zn nutrition of wheat in vertisols. *Soil Biology and Biochemistry* 22: 229-240.
- Tilak, K.V.B.R. 1985. Interaction of vesicular-arbuscular mycorrhizae and nitrogen fixers. En: *Proc. Soil Biology Symp. Hisar*. p. 219-226.
- Torma, A.E. 1988. Leaching of metals. En: *Biotechnology*. Rehm, H-J and Reed, G. (eds.) pp. 368-399. VCH, Weinheim.
- Turnau, K., Kottke, I. y Dexheimer, J. 1996. Toxic element filtering in *Rhizopogon roseolus*/*Pinus sylvestris* mycorrhizas collected from calamine dumps. *Mycological Research* 100: 16-22.

- Turnau, K., Kottke, I., Dexheimer, J. y Botton, B. 1994. Element distribution in mycelium of *Pisolithus arhizus* treated with cadmium dust. *Annals of Botany*. 74: 137-142.
- Tyler, G., Balsberg Phalsson, A-M., Bengtsson, G., Baath, E. y Tranvik, L. 1989. Heavy-metal ecology of terrestrial plants, microorganisms and invertebrates. *Water Air and Soil Pollution*. 47: 189-215.
- Vázquez, M.D., Poschenrieder, C., Barceló, J., Baker, A.J.M., Hatton, P. y Cope, G.H. 1994. Compartmentation of zinc in roots and leaves of the zinc hyperaccumulator *Thlaspi caerulescens* J&C Presl *Bot Acta* 107: 243-250.
- Wang, Y.P. y Chao, C.C. 1992. Effects of vesicular-arbuscular mycorrhizae and heavy metals on the growth of soybean and phosphate and heavy metal uptake by soybean in major soil groups of Taiwan. *Journal and Agricultural Association of China New Research* 157: 6-20.
- Wenzel, W., Salt, D., Smith, R. y Adriano, D. 1999. Phytoremediation: a plant-microbe based remediation system. En: Adriano DC *et al* (eds.). *Bioremediation of contaminated soils*. SSSA Special Monograph
- Weissenhorn, I., Leyval, C., Belgy, G. y Berthelin, J. 1995a. Arbuscular mycorrhizal contribution to heavy metal uptake by maize (*Zea mays* L.) in pot culture with contaminated soil. *Mycorrhiza* 5: 245-251.
- Weissenhorn, I., Leyval, C. y Berthelin, J. 1995b. Bioavailability of heavy metals and abundance of arbuscular mycorrhiza (AM) in a soil polluted by atmospheric deposition from a smelter. *Biology and Fertility of Soil* 19: 22-28.
- White, M.C., Decker, A.M. y Chaney, R.L. 1981. Metal complexation in xylem fluid. I: Chemical composition of tomato and soybean stem exudates. *Plant Physiology* 67: 292-300.
- Wilson, J.M. 1984. Comparative development and interaction between vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *New Phytologist*. 97: 413-426.
- Woolson, E.A. 1977. Generation of alkylarsines from soil. *Weed Science*. 25: 412-416.
- Zajicek, J. M., Daniels-Hetrick, B.A. y Alvrecht, M.L. 1987. Influence of drought stress and mycorrhizae on growth of two native forbs. *Journal of American Society Horticultural Science*. 112: 454-459.





|   |  |
|---|--|
| AGRICULTURA                             |  |
| GANADERÍA                               |  |
| PESCA Y ACUICULTURA                     |  |
| POLÍTICA, ECONOMÍA Y SOCIOLOGÍA AGRARIA |  |
| FORMACIÓN AGRARIA                       |  |
| CONGRESOS Y JORNADAS                    |  |
| R.A.E.A                                 |  |



I.S.B.N.: 84-8474-1136-2  
P.V.P.: 22€



JUNTA DE ANDALUCÍA

Consejería de Agricultura y Pesca