

El papel de los MATORRALES en la regeneración forestal

por R. Zamora, J. Castro, J.M. Gómez, D. García,
J.A. Hódar, L. Gómez y E. Baraza

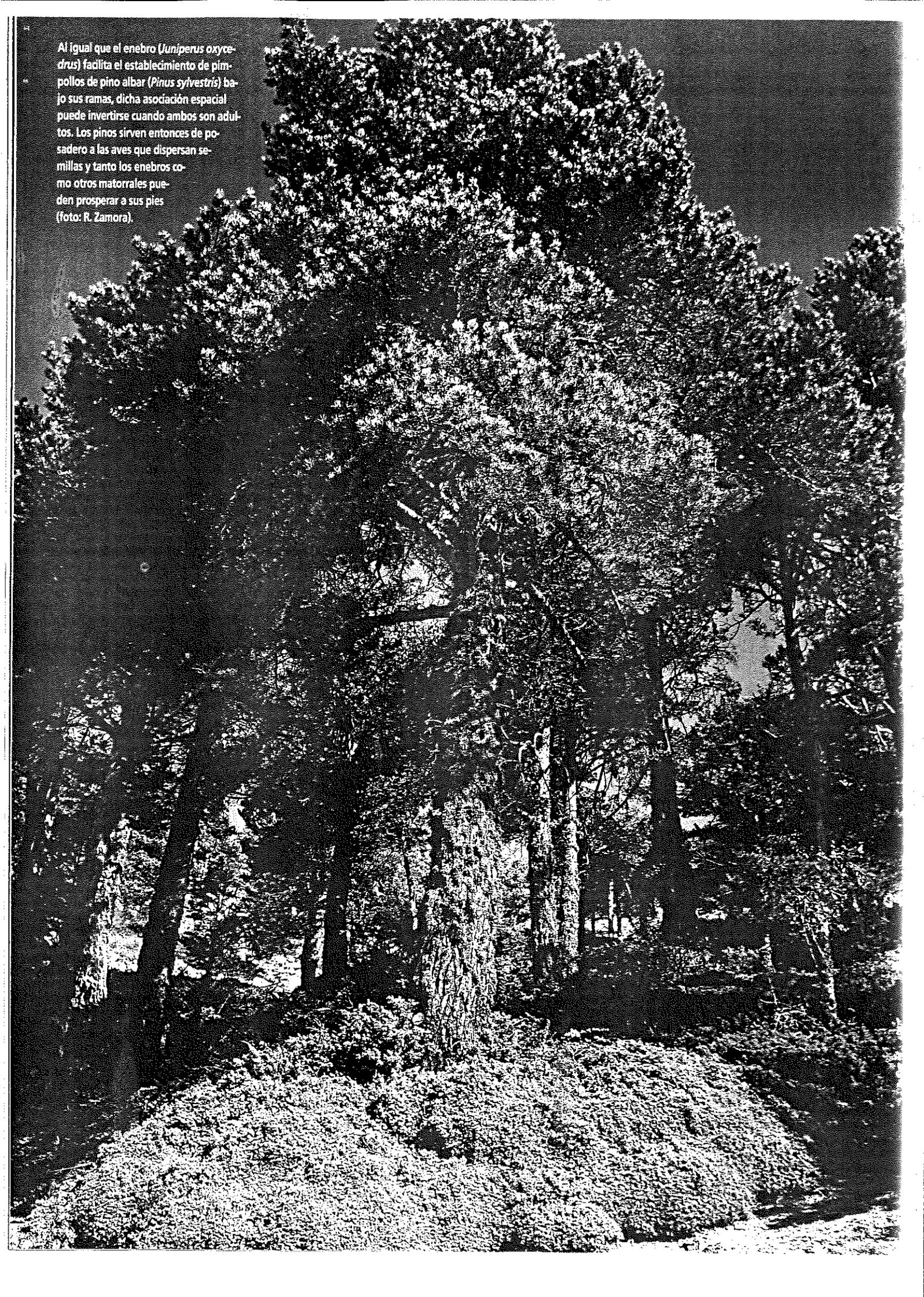
Aunque los bosques mediterráneos tienen graves problemas para regenerarse de forma natural, los matorrales espontáneos ayudan a que se establezcan muchas especies arbóreas. El Grupo de Ecología Terrestre de la Universidad de Granada ha desarrollado una técnica de restauración forestal basada en este principio, de manera que los plantones se colocan junto a matorrales que incrementan su probabilidad de supervivencia. Además, la nueva técnica reduce el impacto de las repoblaciones forestales sobre el suelo y el paisaje.

Cualquier lector de *Quercus* que se dé un paseo por nuestras montañas mediterráneas podrá constatar la escasa extensión que ocupan actualmente los bosques y matorrales autóctonos, consecuencia de las transformaciones que ha sufrido el paisaje tras milenios de explotación agrícola y ganadera. También se percatará de la escasa regeneración natural que afecta a buena parte de las especies arbóreas, con poblaciones restringidas a contados enclaves y formadas por árboles

adultos con muy pocos juveniles. Finalmente, si tiene curiosidad por fijarse en dónde crecen esos escasos juveniles, probablemente verá que lo hacen al amparo de algún matorral. Por ejemplo, en Sierra Nevada (Granada), más del 90% de las plántulas y juveniles de tejo (*Taxus baccata*) aparecen bajo arbustos espinosos y es casi imposible encontrar un juvenil de arce (*Acer granatense*) o de roble melojo (*Quercus pyrenaica*) fuera de un matorral. Esta asociación espacial entre árboles y matorrales choca frontalmente con la idea

imperante, según la cual la interacción ecológica que se establece entre plantas leñosas que crecen muy próximas es de competencia por los recursos esenciales, como la luz, los nutrientes y el agua. ¿Cómo es posible entonces que los juveniles de muchas especies arbóreas aparezcan íntimamente asociados a los matorrales? Para que surja dicha asociación, el matorral debe actuar como punto de reclutamiento diferencial de la especie arbórea. Es decir, debajo de los matorrales deben establecerse proporcionalmente más indi-

Al igual que el enebro (*Juniperus oxycedrus*) facilita el establecimiento de pimpollos de pino albar (*Pinus sylvestris*) bajo sus ramas, dicha asociación espacial puede invertirse cuando ambos son adultos. Los pinos sirven entonces de posadero a las aves que dispersan semillas y tanto los enebros como otros matorrales pueden prosperar a sus pies (foto: R. Zamora).



viduos que en otros microhábitats. Si no se da esta circunstancia y el matorral perjudica el reclutamiento de la especie arbórea, el resultado final no sería la asociación (Cuadro 1). Por ejemplo, los matorrales pueden acoger a muchos roedores y agentes patógenos, que destruyen las semillas y las plántulas del árbol. Además, si el matorral es muy denso, la sombra puede ser tan intensa que reduzca la supervivencia y el crecimiento de las plántulas. Y, por supuesto, las raíces del matorral pueden competir con las del juvenil, al estar ambas muy próximas.

AMBIENTE MEDITERRÁNEO Y FACILITACIÓN

El principal factor limitante de la regeneración de especies leñosas mediterráneas es la sequía estival (1). Tanto la germinación de las semillas como el establecimiento de las plántulas necesitan un cierto periodo de tiempo y una adecuada combinación de temperatura, agua y radiación solar, lo que en ambientes mediterráneos sólo ocurre durante unos pocos meses al año, fundamentalmente en primavera. Conforme avanza el verano, las lluvias desaparecen y el suelo se seca, a la vez que la radiación incidente y la temperatura se vuelven incluso excesivas para la actividad fotosintética de las plantas. En consecuencia, la mayoría de las plántulas mueren y los juveniles que han conseguido superar esa fase ven muy limitada su capacidad de crecimiento, por lo que pueden tardar muchos años en alcanzar el porte de árbol adulto.

Un segundo factor importante que limita la regeneración de las plantas mediterráneas son los herbívoros, bien como depredadores de semillas o de plántulas y juveniles (1, 2). El número de semillas que sucumben al ataque de depredadores es muy grande en la mayoría de los bosques peninsulares, sobre todo en los fragmentos forestales de menor tamaño (3). Como consecuencia, sólo una mínima parte de las semillas llega a germinar y la mayoría de las plántulas resultantes pueden morir debido a la sequía o a los herbívoros, ya sea por pisoteo o por consumo.

Durante el verano, cuando el pasto está seco y el único alimento para los ungulados es la vegetación leñosa, los daños sobre los juveniles se disparan. No suelen causar una mortalidad importante, aunque depende de la magnitud del daño, el tipo de tejido dañado y el estado de salud del plantón. Pero el consumo excesivo de brotes nuevos año tras año provoca un retraso indefinido en el crecimiento de los juveniles que no crecen al amparo de un matorral protector, dando lugar a formas achaparradas que nunca llegan a la fase reproductora (4). El patrón de

CUADRO 1: FACILITACIÓN Y SUCESIÓN

El efecto de los matorrales sobre los estadios juveniles de las especies arbóreas puede ser positivo o negativo según las condiciones ambientales. Donde los factores abióticos (disponibilidad de agua, temperatura) y bióticos (daño por herbívoros) causan un estrés bajo, la proximidad espacial entre dos especies vegetales normalmente se salda con balances netos negativos, debido a la competencia por los recursos. Por el contrario, en ambientes donde el estrés es mayor, la interacción con los matorrales suele ser positiva para los árboles. En los montes mediterráneos se unen dos factores causantes de estrés, la sequía estival y la presión de los herbívoros, lo que potencia la facilitación entre plantas. En tales circunstancias, resulta más beneficioso para un juvenil de árbol crecer al amparo de otra planta leñosa, que actúa como nodriza, que crecer en un claro desprovisto de vegetación protectora (22). Los mecanismos de facilitación han sido reconocidos tradicionalmente como moduladores de la sucesión ecológica, que marca una dirección en la dinámica de la vegetación y hace que las especies arbustivas sean sustituidas por las especies arbóreas. En ambientes mediterráneos, caracterizados por una elevada heterogeneidad espacial a pequeña escala de los factores que limitan el crecimiento de la vegetación (agua, luz, suelo y nutrientes), es frecuente que coexistan especies pioneras junto a especies de fases más maduras de la sucesión, generando una comunidad con estructura en mosaico y transiciones a veces abruptas entre elementos paisajísticos. El resultado final es una estructura de bosque con varios estratos de vegetación, muy diversa y heterogénea tanto en el plano horizontal como en el vertical.

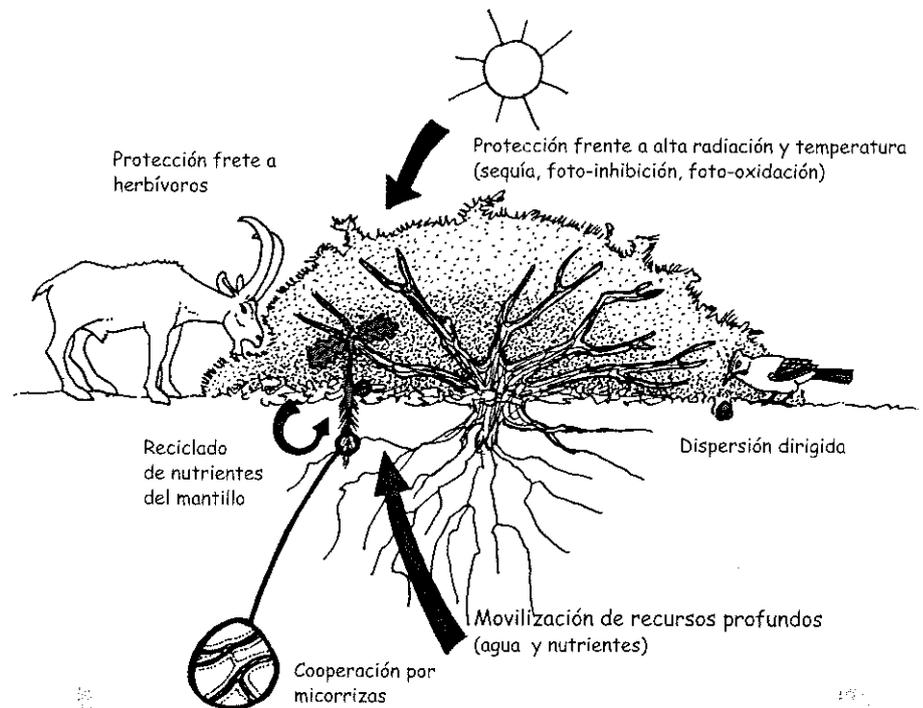
distribución espacial al amparo de matorrales se manifiesta claramente en la mayoría de las especies arbóreas mediterráneas estudiadas hasta el momento, como el pino albar (*Pinus sylvestris*), el enebro (*Juniperus communis*), el roble (*Quercus humilis*), el arce, el acebuche (*Olea europaea*), el pinsapo (*Abies pinsapo*) o la olivilla (*Phillyrea angustifolia*), e incluso para el pino salgareño (*Pi-*

nus nigra subsp. *salzmannii*) en zonas con fuerte presión ganadera (referencias 5 a 12).

BENEFICIOS DE CRECER JUNTO A UN MATORRAL

Los matorrales pueden dispensar protección a lo largo de todo el proceso de reclutamiento, desde la dispersión de las semillas al establecimiento de una planta ya adulta, pa-

FIGURA 1: PROTECCIÓN DEL MATORRAL A SEMILLAS Y PLANTONES DE ÁRBOLES



Esquema de un arbusto que facilita el crecimiento de una plántula de árbol. Al amparo del matorral, el arbolito aprovecha el reciclado de nutrientes del mantillo y el mutualismo con micorrizas (hongos simbiotes de las raíces), así como la movilización de agua y nutrientes profundos. Además, queda protegido de los herbívoros (pisoteo y ramoneo) y de los efectos nocivos de la luz y la temperatura excesiva. El matorral también atrae a dispersores de bellotas, como arrendajos (*Garrulus glandarius*) y ratones (dibujo: Daniel García).

sando por la germinación, la supervivencia de las plántulas y el crecimiento de los juveniles (Figura 1).

Los matorrales pueden actuar como trampas donde se acumulan las semillas, ya que las interceptan durante sus desplazamientos, sobre todo las de aquellas especies que se dispersan a través del viento o del agua. Pero el efecto más claro de acumulación de semillas ocurre con las que dispersan los animales. Por ejemplo, en las montañas del sur peninsular las semillas de tejo se acumulan bajo los matorrales productores de frutos carnosos, como el enebro, la sabina (*Juniperus sabina*) o el agracejo (*Berberis hispanica*), ya que son dispersadas por aves frugívoras. Por el contrario, estas aves apenas se posan sobre los matorrales que no producen frutos carnosos, como los piornos, bajo los cuales rara vez se encuentra una plántula de tejo, a pesar de que estén entremezclados con los matorrales de fruto carnoso (13). Otro ejemplo de dispersión dirigida hacia los matorrales lo tenemos en varias especies del género *Quercus*, cuyas bellotas son enterradas por arrendajos y ratones preferentemente bajo los matorrales.

Por otra parte, bajo un arbusto las semillas pueden encontrar un sustrato de germinación más favorable que en los espacios abiertos, ya que la acumulación de materia orgánica y la sombra aseguran una adecuada retención de la humedad del suelo durante más tiempo. Este efecto es especialmente importante para las bellotas de las quercíneas, cuya capacidad de germinación depende mucho del grado de humedad del sustrato. Además, en lugares donde ciervos, cabras y jabalíes son frecuentes, las bellotas localizadas bajo los matorrales pueden escapar de estos ungulados.

Los matorrales pueden proporcionar también unas condiciones edáficas y microclimáticas que favorecen la supervivencia y el crecimiento de plántulas y juveniles. Modifican, por un lado, las características físico-



Muchas especies arbóreas del sur peninsular, como el arce (*Acer granatense*), sólo pueden regenerarse al amparo de un matorral (foto: R. Zamora).

químicas y biológicas del suelo a través del aporte de materia orgánica, generando un sustrato más húmedo y menos compacto, así como más rico en nutrientes y microorganismos rizosféricos (hongos formadores de micorrizas y bacterias implicadas en el reciclado y liberación de nutrientes). Y, por otro lado, la sombra que proyectan durante el verano crea un microclima más favorable, con menor radiación y temperatura y mayor humedad, lo que reduce el estrés hídrico de la plántula. El resultado es que mientras muere la práctica totalidad de las plántulas localizadas en sitios abiertos desprovistos de vegetación protectora, las que se establecen bajo matorrales o en microhábitats especial-

mente húmedos y umbríos (como las proximidades de arroyos) pueden sobrevivir.

Los matorrales favorecen asimismo la supervivencia y el crecimiento de los juveniles al protegerlos del pisoteo y el consumo de los herbívoros, sobre todo de los ungulados. Bien porque su estructura espinosa les protege mecánicamente o bien porque el matorral es poco apetecible o tóxico para los herbívoros (Tabla 1).

El beneficio que el matorral confiere a una especie arbórea no tiene por qué restringirse a una sola fase, sino que puede manifestarse en varias. El tejo en Sierra Nevada nos brinda un magnífico ejemplo, ya que además del citado efecto sobre la dispersión de las semillas, la sombra de los matorrales genera un microclima que favorece la supervivencia de las plántulas, al tiempo que actúan como un cercado protector que defiende a los juveniles ante los herbívoros (14). Casos similares se han constatado con el pino albar, el roble melojo, el arce o la encina (*Quercus ilex*).

También puede darse el caso contrario, es decir, que algunos árboles faciliten el crecimiento de otras especies leñosas de porte arbustivo. Un buen ejemplo lo tenemos en los algarrobos (*Ceratonia siliqua*) del levante peninsular, donde están estrechamente asociados al lentisco (*Pistacia lentiscus*): el árbol actúa como percha para los pájaros dispersores de semillas y crea unas condiciones ambientales favorables para la germinación y el establecimiento de las plántulas del lentisco (15). Lo mismo ocurre con otras plantas productoras de frutos carnosos, como enebros, escaramujos o madreseñas, que aparecen al pie de los árboles donde se posan las aves frugívoras.

UNA NUEVA TÉCNICA DE REFORESTACIÓN

La combinación de un manejo milenario con un clima poco favorable para la regeneración espontánea, hace imprescindible la participación del hombre para recuperar la

TABLA 1: EFECTO DEL MATORRAL EN LA REGENERACIÓN DE ESPECIES ARBÓREAS

ESPECIE ARBÓREA	DISPERSIÓN DE LAS SEMILLAS	SUPERVIVENCIA DE LAS PLÁNTULAS	SUPERVIVENCIA Y CRECIMIENTO DE JUVENILES
Encina (<i>Quercus ilex</i>)	Biótica, dirigida a los matorrales *	Mayor bajo matorrales / Sequía	Mayor bajo matorrales / Herbivorismo
Tejo (<i>Taxus baccata</i>)	Biótica, dirigida a matorrales con frutos carnosos	Mayor bajo matorrales / Herbivorismo y sequía	Mayor bajo matorrales / Herbivorismo
Roble (<i>Quercus pyrenaica</i>)	Biótica, dirigida a los matorrales *	Mayor bajo matorrales / Herbivorismo y sequía	Mayor bajo matorrales / Herbivorismo
Pino albar (<i>Pinus sylvestris</i>)	Abiótica, caen en todos los microhábitats	Mayor bajo matorrales / Sequía	Mayor bajo matorrales / Herbivorismo
Arce (<i>Acer granatense</i>)	Abiótica, caen en todos los microhábitats	Mayor bajo matorrales / Herbivorismo y sequía	Mayor bajo matorrales / Herbivorismo

La tabla muestra en qué fase del reclutamiento los árboles encuentran un mayor beneficio por crecer junto a un matorral, en lugar de en terreno descubierto, y qué factor (sequía o herbivorismo) provoca dicho beneficio. En rojo se destacan las fases de reclutamiento en donde es mayor el efecto facilitador del matorral.

* La dispersión de quercíneas también está dirigida hacia hitos visuales como troncos y rocas.

cubierta vegetal mediterránea. Sin embargo, las repoblaciones forestales en estos ambientes sufren pérdidas cuantiosas (marras) debido sobre todo a la irregularidad de las precipitaciones (años secos, con mortalidad masiva de plantones) y a los daños provocados por los herbívoros, fundamentalmente ungulados. Para paliar este problema hay que desarrollar técnicas que aseguren un mayor éxito en la restauración de los bosques y matorrales, teniendo en cuenta las peculiaridades climáticas y ecológicas de los ecosistemas mediterráneos. Muchas repoblaciones forestales se hacen en zonas poco favorables para el crecimiento rápido de la vegetación leñosa que, sin embargo, permiten el desarrollo de bosques y matorrales mediterráneos.

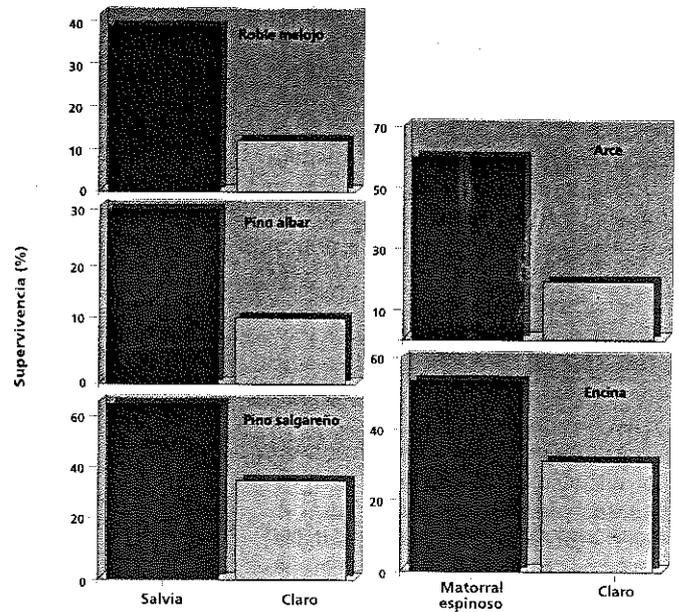
El Grupo de Ecología Terrestre de la Universidad de Granada, en colaboración con la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía y la empresa pública Tragsa, inició en 1997 una serie de experimentos orientados a comprobar el efecto facilitador de los matorrales en las repoblaciones forestales. El principal objetivo era desarrollar una técnica de repoblación forestal que reprodujese el patrón natural de regeneración, con los matorrales como nicho de las especies arbóreas. Esta realidad contrasta con las prácticas tradicionales, que han considerado a la vegetación arbustiva mediterránea como un competidor de la planta usada en la repoblación, por lo que antes de la siembra se procede a eliminarla mediante quemas, cortas o roturaciones. En ocasiones, simplemente se colocan los plantones lejos de los matorrales para evitar su supuesta influencia negativa (16, 17, 18).

Las repoblaciones experimentales se iniciaron en una zona próxima al pico del Trevenque, en Sierra Nevada, que se quemó en 1983. El diseño experimental consistió en el trasplante de plantones de pino albar (*Pinus sylvestris* var. *nevadensis*) y pino salgareño (*P. nigra* subsp. *salzmannii*) utilizando dos metodologías distintas. Por una parte, la técnica habitual de repoblación en esta zona montañosa, que consiste en trasplantar el plantón a un agujero de 30 centímetros de anchura por 40 de profundidad hecho con una ahoyadora portátil. Tras el trasplante se practica una bina alrededor del plantón, para allanar el terreno y eliminar la vegetación. El método alternativo consistió en colocar los plantones bajo la copa de los matorrales. El hoyo era de 12 centímetros de diámetro en este caso, para reducir los daños a las raíces de los matorrales, y no se practicó ninguna labor adicional para limpiar de vegetación el terreno circundante, ya que se pretendía que el matorral siguiera vivo.

Como plantas nodriza usamos dos grupos funcionales. Uno estaba compuesto por salvias (*Salvia lavandulifolia* subsp. *velleirea*), una labiada de hoja perenne abundante en estas montañas (cobertura del 28%), y el otro por matorrales espinosos caducifolios –fundamentalmente agracejo (*Berberis hispanica*), endrino (*Prunus ramburii*), majuelo (*Crataegus granatense*) y escaramujo (*Rosa* spp.)– que cubren una superficie menor (cobertura del 14%).

Los resultados muestran sin lugar a dudas los efectos positivos de los matorrales (19). Tras cuatro años de estudio, la supervivencia de los pinos plantados bajo las salvias fue considerablemente superior a la de los plantados en áreas desprovistas de vegetación siguiendo la técnica tradicional (Figura 2), hasta tres veces superior en el caso del pino albar y 1'7 veces superior en el del pino salgareño. El efecto facilitador de los matorrales espinosos fue menos acusado que el de la salvia. Por otra parte, el crecimiento de los plantones fue similar en todos los microhábitats, por lo que esta nueva técnica aumenta la supervivencia sin reducir su crecimiento. Resultados similares se han obtenido en la misma zona de estudio (20) con especies como la encina, el roble melojo o el arce. Con nuestra técnica alternativa la supervivencia ha sido entre dos y tres veces superior que con el procedimiento tradicional (Figura 2).

FIGURA 2: SUPERVIVENCIA COMPARATIVA DE ÁRBOLES BAJO MATORRALES Y EN TERRENO DESCUBIERTO



Supervivencia de los plantones de cinco especies arbóreas, cuatro años después de la repoblación, según si se instalaron al amparo de un matorral o en claros desprovistos de vegetación.

Simultáneamente a la colocación de los plantones, sembramos semillas de pino albar en los mismos microhábitats: bajo las salvias, a la sombra de matorrales espinosos y en claros desprovistos de vegetación. Los resultados fueron contundentes: dos años después de la siembra sólo el 0'2% de las plántulas había sobrevivido en el suelo desprovisto de vegetación, frente al 7'1% de las protegidas por el matorral espinoso y el 9'8% de las que germinaron al amparo de las salvias (10). Por tanto, los matorrales también facilitaron la germinación de las semillas y el establecimiento de plántulas de pino albar. El efecto facilitador se extiende desde la fase de germinación hasta la de supervivencia y crecimiento de los juveniles. Los resultados sugieren que la sombra del

TABLA 2: LOS MATORRALES INCREMENTAN LA SUPERVIVENCIA DE LOS PLANTONES USADOS EN LAS REPOBLACIONES

PARCELA	ALTITUD	PLANTÓN	AULAGA	ROMERO	BOLINA	JARA	SANTOLINA	CLARO
Orgiva	465	Encina	23'4	7'8	-	-	-	0
		Pino carrasco	71'4	76'9	-	-	-	59'1
Lanjarón	1.100	Encina	46'2	-	50'9	56'7	-	4
		Pino carrasco	48'9	-	26'5	57'1	-	0
Lanjarón	1.400	Encina	14'9	-	-	-	10'6	4
		Pino carrasco	36'8	-	-	-	26'7	4'17

En la tabla se muestra la supervivencia de los plantones colocados desde noviembre de 1999 hasta marzo de 2000 en las parcelas situadas a cotas más bajas, según el microhábitat elegido (junto a matorrales y en claros desprovistos de vegetación) tras el verano de 2000, que fue muy seco y caluroso.

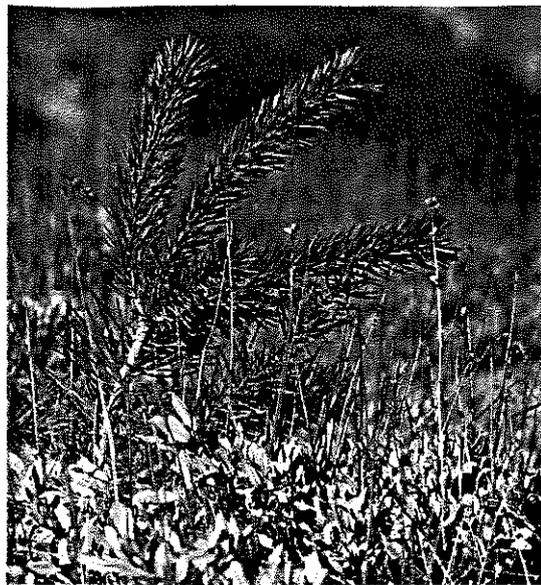
matorral protege a los plantones de la deshidratación durante el verano. Por ejemplo, la radiación solar incidente disminuye a la mitad bajo la salvia. La temperatura del suelo descubierto (medida a cinco centímetros de profundidad) osciló entre 10'6 y 32'9°C, mientras que fue menor y mucho menos variable bajo la salvia, donde nunca se alcanzaron temperaturas superiores a los 20°C (13'7-16'3°C). Además, durante el estiaje, el suelo que hay bajo los matorrales retiene más cantidad de agua que el suelo desprovisto de vegetación. Por otra parte, los matorrales protegieron a los plantones de las fuertes heladas durante el invierno, ya que la mortalidad invernal fue menor bajo el matorral que en el suelo desprovisto de vegetación. Finalmente, los plantones situados al amparo de matorrales espinosos o poco apetecibles sufrieron menos daños por pisoteo y consumo de los ungulados que los plantones colocados en claros desprovistos de vegetación.

La salvia ofrece la ventaja adicional de ser un matorral bajo, con un sistema radicular superficial. De este modo, los plantones sembrados bajo su copa pueden rebasar en altura a la planta nodriza al cabo de dos o tres años, mientras que sus raíces penetran profundamente. El matorral de salvia dispensa su efecto protector justo durante los primeros años, el periodo más crítico para la supervivencia del plantón (17, 21).

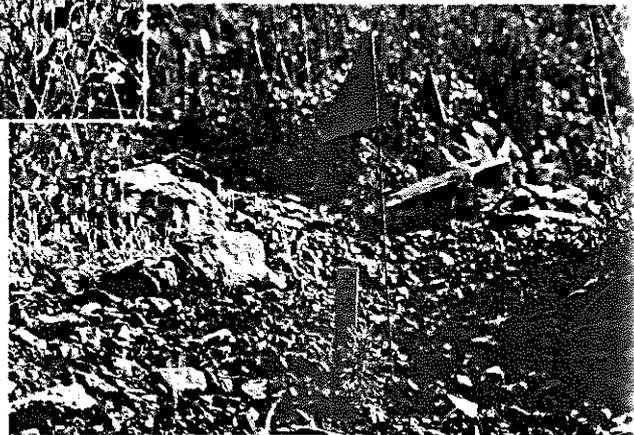
EN BUSCA DE MAYOR RESPALDO

Los resultados positivos nos animaron a plantear un proyecto más ambicioso, con repoblaciones experimentales a lo largo de un amplio gradiente ambiental, distintas especies de plantas nodriza y plantones de árboles diferentes. El proyecto *Papel de los matorrales en la regeneración y restauración forestal bajo condiciones climáticas mediterráneas: diseño y evaluación de una nueva técnica de repoblación forestal* es fruto de la colaboración entre el Grupo de Ecología Terrestre de la Universidad de Granada, la empresa Tragsa, la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía y las administraciones de los parques nacional y natural de Sierra Nevada.

Entre octubre de 1999 y marzo de 2001 se han realizado repoblaciones experimentales en veinte parcelas, situadas entre los 400 y los 2.200 metros de altura, tanto en suelos calizos como silíceos y en las vertientes norte, sur y este de Sierra Nevada. Colocamos plantones y semillas bajo la copa del matorral (utilizando siempre las especies más abundantes en cada sitio) y también en espacios abiertos próximos. Hasta la fecha he-



Las dos caras de una moneda. Arriba, un plantón de pino albar (*Pinus sylvestris*) crece vigoroso protegido por una mata de salvia (*Salvia lavandulifolia* subsp. *vellerea*), labiada de hoja perenne abundante en las laderas de Sierra Nevada (Granada). A la derecha, un plantón seco de pino salgareño (*Pinus nigra* subsp. *salzmannii*) instalado en un claro desprovisto de vegetación (fotos: R. Zamora). Las posibilidades de supervivencia aumentan al amparo del matorral espontáneo.



mos utilizado ocho especies arbóreas —encina, roble melojo, quejigo (*Quercus faginea*), arce, pino salgareño, pino albar, pino carrasco (*Pinus halepensis*) y pino resinero (*Pinus pinaster*)—, y cuatro de arbustos de crecimiento lento —majuelo, aladierno (*Rhamnus alaternus*), enebro (*Juniperus oxycedrus*) y retama (*Retama sphaerocarpa*)—. En total hay ya unos 20.000 plantones sometidos a distintos tratamientos experimentales.

Hemos marcado individualmente todos los plantones y estamos haciendo un seguimiento periódico de su supervivencia y crecimiento, así como una cuantificación de los daños sufridos. Contamos también las plántulas que emergen de las semillas plantadas. Tomamos medidas microclimáticas y sobre las características del suelo (humedad y nutrientes) en el emplazamiento de los plantones, bajo los matorrales y en los espacios abiertos. Y con todo ello analizamos los mecanismos de la facilitación (microclima, características físico-químicas del suelo, protección frente a herbívoros).

Los primeros resultados, tras un verano muy seco, indican que la supervivencia siempre es mayor junto al matorral que fuera de él (Tabla 2). Por ejemplo, en las cotas más bajas, los plantones de pino carrasco o encina colocados junto a especies tan comunes como la aulaga (*Ulex parviflorus*) o el romero (*Rosmarinus officinalis*) sobreviven más que los situados en lugares desprovistos de vegetación (19).

VENTAJAS DE LA NUEVA TÉCNICA

El uso de matorrales como plantas nodriza en las repoblaciones forestales ofrece claras ventajas ecológicas. Lo único que hace falta es una cobertura suficiente de matorral en la zona que se va a repoblar. Afortunadamente, en la mayoría de los terrenos que actualmente se reforestan (zonas quemadas o tierras de cultivo abandonadas) se desarrolla en muy pocos años y de forma espontánea

una abundante cobertura arbustiva, por lo que no hay que esperar demasiado tiempo para poner en práctica esta técnica.

Los matorrales pioneros son por tanto fundamentales para recuperar árboles y arbustos en una zona mediterránea degradada, de acuerdo con su climatología y tipo de suelo. En zonas donde la pérdida de suelo por erosión ha sido muy fuerte, una actuación previa que facilite la regeneración del matorral de crecimiento rápido favorecería la reconstitución de las propiedades físico-químicas y biológicas del sustrato y prepararía el terreno para una posterior repoblación con especies leñosas de crecimiento lento. De esta manera, el éxito de la reforestación podría ser mayor que actuando sobre un terreno inicialmente yermo.

La principal ventaja de esta técnica es que trabaja a favor de la sucesión ecológica, ya que lo normal es que se produzca la transición desde un matorral pionero hacia una formación leñosa mucho más diversa y madura. En definitiva, la técnica favorece y acelera un proceso natural, al colocar los plantones o las semillas en aquellos lugares donde las probabilidades de supervivencia son mayores (20). Además, permite regenerar el bosque con un impacto mínimo sobre la vegetación preexistente. Esto evita en gran medida los problemas de erosión del suelo, que siempre se agravan cuando para repoblar se elimina la vegetación arbustiva o se utiliza maquinaria pesada. De hecho,

se puede andar por una zona repoblada con esta nueva técnica sin que apenas se noten las labores de reforestación. Dadas las ventajas ecológicas de esta técnica, los espacios naturales protegidos que han perdido gran parte de la superficie forestal original, caso de Sierra Nevada, son los primeros candidatos a aplicarla como procedimiento de restauración extensivo.

Pero las ventajas de esta técnica no sólo son ecológicas, sino también económicas, ya que reduce las labores de preparación del terreno y evita el uso de protectores. Además, hay que reponer menos marras, con lo que se ahorra en plantas y trabajo. De esta forma se asegura una mayor rentabilidad económica de la inversión, ahorro que podrá traducirse en una mayor superficie reforestada con el mismo coste. En resumen, la técnica debería ponerse ya en práctica de forma extensiva, tanto por razones ecológicas como económicas.

CONSIDERACIONES Y CAUTELAS FINALES

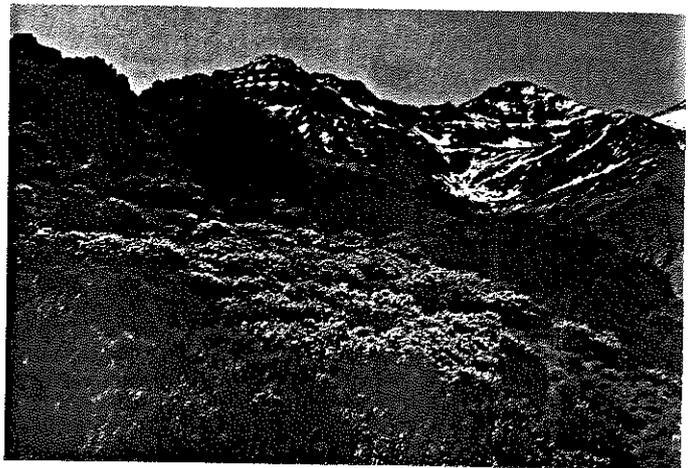
Tenemos resultados experimentales desde hace cuatro años, lo que parece un periodo de tiempo más que suficiente. Sin embargo, somos conscientes de que, en los ambientes mediterráneos, tan heterogéneos como fluctuantes, las investigaciones tienen que prolongarse en el tiempo y explorar gradientes ambientales en el espacio. Sólo entonces se puede llegar a conclusiones generalizables a la mayoría de las situaciones que pueden plantearse: años lluviosos o secos, solana o umbría, distintas cotas de altitud, diferentes tipos de suelo y de vegetación arbustiva pre-

existente, o carga ganadera. De ahí la necesidad de mantener los seguimientos de las repoblaciones experimentales que hemos puesto en marcha.

A pesar de los resultados positivos, pensamos que no todas las especies de matorral tienen por qué tener un papel facilitador tan evidente como el de la salvia, bien porque sus raíces compitan muy severamente, bien porque la copa produzca una sombra demasiado densa, o bien porque el

matorral atraiga al herbívoro, que ya de paso se come el plantón que crece a su amparo. Tampoco todas las especies de árboles tienen por qué verse tan beneficiadas. Aquellas que sean más sensibles a la sequía estival y que toleren mejor la proximidad del matorral serán las más beneficiadas. Por el contrario, las especies leñosas más adaptadas a las adversas condiciones climáticas mediterráneas dependerán menos del matorral para sobrevivir. En este sentido, la salvia facilita más claramente al pino albar, una especie de origen boreal y que no está adaptada a la sequía, que al pino salgareño, una especie mediterránea bien acostumbrada a los rigores de nuestro clima.

Las características de la zona a repoblar son también muy importantes. En laderas de so-



Encinar mediterráneo en las laderas de Sierra Nevada (Granada). La tasa de regeneración natural de los bosques mediterráneos es bastante baja y suelen estar formados mayoritariamente por árboles adultos (foto: R. Zamora).

lana y en cotas bajas (donde la sequía estival es más acusada), en cotas altas (donde las heladas y los vientos fuertes, fríos y secos son muy frecuentes) o en zonas con una elevada carga ganadera (ya sea por ungulados domésticos o salvajes), los efectos facilitadores del matorral sobre el plantón deben mostrarse con mayor claridad. Por el contrario, en los enclaves poco alterados, con suelo profundo y situados a una cota que corresponda con el óptimo bioclimático de cada especie de árbol, es probable que el efecto sea menos evidente.

Por lo tanto, el beneficio de los matorrales sobre los plantones dependerá de las condiciones abióticas y la carga ganadera: a mayor estrés hídrico y carga ganadera, más útil será esta nueva técnica de reforestación. Dado



Sobre estas líneas, de arriba a abajo y de izquierda a derecha, Daniel García, José María Gómez, José Antonio Hódar, Regino Zamora, Lorena Gómez y Elena Baraza. A su lado, encaramado a un pino en busca de nidos de procesionaria, el séptimo autor, Jorge Castro.



Regino Zamora Rodríguez es biólogo, profesor titular de Ecología y director del Grupo de Ecología Terrestre de la Universidad de Granada. **Jorge Castro Gutiérrez** es biólogo y actualmente disfruta de una beca posdoctoral en el Instituto Botánico del departamento de Ecología de la Universidad de Copenhague (Dinamarca). **José María Gómez Reyes**

Actualmente, el Grupo de Ecología Terrestre de la Universidad de Granada desarrolla dos líneas prioritarias de investigación: ecología y evolución de las interacciones antagónicas y mutualistas entre plantas y animales, y ecología de la regeneración y restauración de especies leñosas forestales en ambientes mediterráneos.

LOS AUTORES

es biólogo y profesor titular interino de Ecología en la Universidad de Granada. **Daniel García García** y **José Antonio Hódar Correa** son biólogos y profesores asociados de Ecología en la Universidad de Granada. **Lorena Gómez Aparicio** y **Elena Baraza Ruiz** son licenciadas en Ciencias Ambientales y Ciencias Biológicas, respectivamente, y ambas disfrutaron de becas predoctorales del Ministerio de Ciencia y Tecnología.

Agradecimientos

A Santos Elola, Joaquín Prieto y Felipe Cobo, ingenieros forestales de Tragsa, y a las cuadrillas que hicieron las repoblaciones experimentales. Las empresas Portman y Pinus han contribuido también a nuestros experimentos. A Javier Sánchez y Juan Montes, director y director adjunto respectivamente, de los parques nacional y natural de Sierra Nevada, así como a todo el equipo técnico y a la guardería de este espacio protegido. Los guardas Pablo Galdós, Angel Vélez, Manuel Román y Antonio Gómez, junto a los viveristas del Jardín Botánico La Cortijuela, Joaquín Sánchez y Angel Navarro, ayudaron en el trabajo de campo. Las investigaciones reflejadas en este artículo se han financiado mediante el proyecto 1FD97-0743-CO3-02. También recibieron apoyo financiero del proyecto AGF99-0618 y de la Junta de Andalucía.

Dirección de contacto: Grupo de Ecología Terrestre · Departamento de Biología Animal y Ecología · Facultad de Ciencias · Universidad de Granada · 18071 Granada



Ladera donde se hizo la repoblación piloto en el año 1997. Los matorrales dominantes son salvias (*Salvia lavandulifolia* subsp. *vellerea*), bajo cuya copa se obtuvieron tasas de supervivencia muy superiores a las de los plantones colocados en terreno despejado (foto: R. Zamora).

que los pronósticos climáticos para los próximos años indican un aumento de la temperatura y un incremento en la irregularidad de las precipitaciones, con episodios de sequía mucho más frecuentes, y que la elevada densidad de herbívoros –salvajes y domésticos– se mantiene o incluso aumenta en nuestros montes, parece obvio que en los años venideros se van a dar, cada vez con más frecuencia, las condiciones ecológicas adecuadas para que esta nueva técnica de reforestación pueda aplicarse con resultados positivos.

Para terminar, nos gustaría hacer la siguiente reflexión. La idea de que la vegetación arbustiva preexistente compite con el plantón sembrado proviene de los modelos desarrollados en Europa central, que tiene un clima muy distinto al mediterráneo y donde el balance de la interacción entre un plantón y una planta adulta de matorral es usualmente negativo. Por el contrario, en los ambientes secos y calurosos del sur, las plantas leñosas que crecen juntas son muchas veces más amigas que enemigas. Este hecho enfatiza una vez más la necesidad de desarrollar investigaciones sobre el terreno en nuestro ámbito mediterráneo para encontrar las técnicas más adecuadas. Para conservar, restaurar y gestionar nuestros ecosistemas mediterráneos hay que conocerlos, no hay alternativa.

Por otra parte, es absolutamente necesario estudiar con rigor el ciclo natural de regeneración de las especies que forman la comunidad forestal para determinar los microhábitats donde el reclutamiento está menos limitado. En nuestro caso, el método alternativo de reforestación surgió al comprobar que el nicho de regeneración de muchas especies leñosas está asociado espacialmente al matorral. La investigación básica orientada ha permitido desarrollar una nueva técnica de reforestación, de indudable interés tanto para las Administraciones públicas como para las em-

presas del ramo. En lenguaje formal, hemos conseguido que nuestros resultados de investigación generen un desarrollo tecnológico que redunde en una mayor capacidad de innovación. Esto no hubiera sido posible sin la colaboración con la empresa y los gestores de los espacios protegidos, trabajando en sintonía y compartiendo conocimientos. Por eso, estamos convencidos de que las vías futuras que quedan por explorar para mejorar la técnica deben ser abordadas por equipos de profesionales formados por expertos en áreas distintas, pero complementarias. ✎

Bibliografía

- (1) Gómez, J.M. y otros autores (2001). Problemas de regeneración de especies forestales autóctonas en el Espacio Natural Protegido de Sierra Nevada. En *Actas III Congreso Forestal Español* (en prensa).
- (2) Castro, J. y otros autores (1999). Seed predation and dispersal in relict Scots pine forests from south Spain. *Plant Ecology*, 145: 115-123.
- (3) Tellería, J.L. y Santos, T. (2001). Fragmentación de hábitats forestales y sus consecuencias. En *Ecosistemas mediterráneos, análisis funcional*. R. Zamora y F.I. Pugnaire (eds.). CSIC. Madrid.
- (4) Zamora, R. y otros autores (2001). Effect of browsing by ungulates on sapling growth of Scots pine in a Mediterranean environment: consequences for forest regeneration. *Forest Ecology and Management*, 144: 33-42.
- (5) Arista, M. (1994). Supervivencia de las plántulas de *Abies pinsapo* Boiss. en su hábitat natural. *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, 51: 193-198.
- (6) Herrera, C.M. y otros autores (1994). Recruitment of a mast-fruited, bird-dispersed tree: bridging frugivore activity and seedling establishment. *Ecological Monographs*, 64: 315-344.
- (7) García, D. (1998). *Regeneración natural del enebro *Juniperus communis* L. en áreas de alta montaña mediterránea: conectando la ecología reproductiva con el reclutamiento poblacional*. Tesis doctoral inédita. Universidad de Granada.

La hemeroteca de *Quercus*

Artículos complementarios publicados en *Quercus*

■ *Quercus* 32 (octubre 1988)

Ref. 5301032 / 550 Pta.

· Elección y siembra de bellotas. José Miguel Montoya.

■ *Quercus* 105 (noviembre 1994)

Ref. 5301105 / 550 Pta.

· Técnicas de cultivo para reforestar con encinas.

José María Rey Benayas y otros autores.

■ *Quercus* 120 (febrero 1996)

Ref. 5301120 / 550 Pta.

· Plantaciones de encinas y coscojas en tierras agrícolas. L. Ocaña, I. Renilla y S. Domínguez.

· Experiencias sobre la siembra de bellotas de encina en Granada. Adolfo Ponce.

· La importancia de la biodiversidad en las repoblaciones con *Quercus mediterráneas*. José Miguel Montoya.

■ *Quercus* 121 (marzo 1996)

Ref. 5301121 / 550 Pta.

· Criterios para restaurar la vegetación en ambientes mediterráneos semiáridos. Javier Chaparro y Miguel Ángel Esteve.

■ *Quercus* 136 (junio 1997)

Ref. 5301136 / 550 Pta.

· La importancia de las herbáceas en la conservación del suelo y los recursos hídricos. Joaquín Guerrero.

■ *Quercus* 149 (julio 1998)

Ref. 5301149 / 550 Pta.

· ¿Cómo debemos plantar las frondosas? Debaajo de los arbustos. J.L. Deltell y otros autores.

■ *Quercus* 180 (febrero 2001)

Ref. 5301180 / 550 Pta.

· Las dehesas de retama en el sureste seco. F.I. Pugnaire y otros autores.

Insertamos un boletín de pedidos en la página 62.

- (8) Rousset, O. y Lépart, J. (1999). Shrub facilitation of *Quercus humilis* regeneration in succession on calcareous grasslands. *Journal of Vegetation Science*, 10: 493-502.
- (9) Rousset, O. y Lépart, J. (2000). Positive and negative interactions at different life stages of a colonizing species (*Quercus humilis*). *Journal of Ecology*, 88: 401-412.
- (10) Castro, J. (2000). *Dinámica de la regeneración de los pinares autóctonos de pino silvestre (*Pinus sylvestris* L. var. *nevadensis* Christ) de Sierra Nevada y sierra de Baza*. Tesis doctoral inédita. Universidad de Granada.
- (11) Rey, P. y Alcántara, J.M. (2000). Recruitment dynamics of a fleshy-fruited plant (*Olea europaea*): connecting patterns of seed dispersal to seedling establishment. *Journal of Ecology*, 88: 622-633.
- (12) Alcjano, R. y Martínez, E. (1999). Síntesis de actuaciones ecológicas diferenciadoras del temperamento de *Pinus nigra* ssp. *satzmannii* en el núcleo de sierra de Cazorla y Segura. *Montes*, 58: 17-24.
- (13) García, D. y otros autores (2000). Yew (*Taxus baccata* L.) regeneration is facilitated by fleshy-fruited shrubs in Mediterranean environments. *Biological Conservation*, 95: 31-38.
- (14) Gómez, J.M. y otros autores (en prensa). Ungulate damage on Scots pines in Mediterranean environments: effects of association with shrubs. *Canadian Journal of Botany*.
- (15) Verdú, M. y García-Fayos, P. (1996). Nucleation processes in a Mediterranean bird-dispersed

plant. *Functional Ecology*, 10: 275-280.

(16) Mesón, M. y Montoya, M. (1993). *Silvicultura mediterránea*. Mundi Prensa. Madrid.

(17) García-Salmerón, J. (1995). *Manual de repoblaciones forestales*, Vol. II. ETSI de Montes. Madrid.

(18) Pemán, J. y Navarro, R. (1998). *Repoblaciones forestales*. Universidad de Lérida. Lérida.

(19) Castro, J. y otros autores (2001). The use of shrubs as nurse plants: a new technique for reforestation in Mediterranean mountains. *Restoration Ecology* (en prensa).

(20) Zamora, R. y otros autores (2001). Los matorrales facilitan la supervivencia de los brinzales en el monte mediterráneo: evaluación de una nueva técnica de repoblación forestal. En *Actas III Congreso Forestal Español* (en prensa).

(21) Savill, P. y otros autores (1997). *Plantation silviculture in Europe*. Oxford University Press. Oxford.

(22) Callaway, R.M. (1995). Positive interactions among plants. *The Botanical Review*, 61: 306-349.

FOROS

Natuweb

Si quieres opinar sobre esta nueva técnica de reforestación o proponer tus propias experiencias, puedes sumarte al foro de debate que hemos abierto en Natuweb, el portal donde está alojada la versión de *Quercus* en Internet.

www.natuweb.com