

Espartales ibéricos

Los espartales, uno de los ecosistemas más representativos de las zonas más secas de la península Ibérica, constituyen un laboratorio natural de los ecosistemas semiáridos

Fernando T. Maestre

CONCEPTOS BÁSICOS

- En el espartal, las matas de esparto se distribuyen de suerte tal que optimizan la captación de aguas de escorrentía. Una consecuencia de esta distribución espacial es el enriquecimiento del suelo alrededor de las matas y su empobrecimiento en los claros que quedan entre las mismas.
- El esparto facilita la presencia de otras especies vegetales, pero cuando aumenta el estrés ambiental o cuando es muy débil, predomina la competencia interespecífica.
- Se suele considerar que el espartal procede de la degradación de pinares, encinares o matorrales. Sea o no así, la introducción de especies leñosas en el espartal parece adecuada para su gestión. Sin embargo, la mera plantación de pinos carrascos mediante aterrazamientos y subsolados no ha dado buenos resultados.

Las estepas dominadas por el esparto o atocha (*Stipa tenacissima*, de la familia de las *Poaceae*) constituyen uno de los ecosistemas más representativos de las zonas semiáridas de la cuenca mediterránea. Denominadas comúnmente espartales o atochales, estas formaciones vegetales se distribuyen de manera natural por el Mediterráneo Occidental y, más concretamente, por el noroeste de África —donde ocupan una extensión cercana a los 2,8 millones de hectáreas—, la península Ibérica y las islas Baleares. En España ocupan más de 400.000 hectáreas de terreno, principalmente en zonas del centro y sur de la Comunidad Valenciana, Murcia, el sur y este de Andalucía, la depresión del Ebro, La Mancha y Madrid.

Los espartales son formaciones abiertas, con valores de cobertura vegetal que oscilan entre el 19 y el 60 % del total de la superficie. Si bien están dominados por el propio esparto, que puede representar hasta el 95 % de cobertura, albergan numerosas especies perennes, tanto arbustivas como herbáceas, y sobre todo anuales, que pueden llegar a constituir hasta el 75 % de su composición florística (aunque su contribución a la biomasa total del ecosistema resulta casi despreciable).

Dentro de la península Ibérica, los espartales prosperan bajo una amplia diversidad de condiciones edáficas. Los encontramos en suelos desarrollados sobre margas, calizas o yesos. Habitan en zonas con rangos de precipitación entre los 100 y 600 mm anuales y bajo una extensa gama de temperaturas,

aunque abundan en lugares con precipitaciones y temperaturas medias anuales comprendidas entre los 200-400 mm y los 13-19 °C, respectivamente. Si bien la productividad del esparto se incrementa con el aumento de los nutrientes edáficos y la precipitación, como demuestran experimentos clásicos llevados a cabo por el desaparecido Servicio del Esparto en los años cincuenta, a partir de los 500 mm de precipitación no es capaz de competir con otras especies arbustivas y arbóreas mediterráneas. La distribución de los espartales queda así relegada a las zonas más áridas, de difícil colonización para otras especies.

Debido a su extensión, a sus peculiaridades botánicas, faunísticas y ecológicas y al importante patrimonio etnográfico y cultural que llevan asociado —se ha utilizado la fibra del esparto para los más variados usos desde tiempos inmemoriales—, los espartales constituyen uno de los ecosistemas más importantes de las zonas semiáridas ibéricas. No es de extrañar, pues, que en las dos últimas décadas hayan sido centro de atención de numerosos investigadores, interesados por multitud de aspectos relacionados con su ecología, geomorfología y evolución histórica. Estos estudios, cuyos principales resultados se resumen a continuación, no sólo han permitido conocer numerosos aspectos de su funcionamiento y dinámica, sino que también han posibilitado evaluar numerosos paradigmas e hipótesis dentro de áreas de conocimiento tan variadas como las interacciones planta-planta, la ecología y la restauración ecológica.



El esparto

El esparto es una gramínea perenne rizomatosa que suele alcanzar alturas próximas al metro. Su crecimiento es radial y lento —alrededor de un centímetro al año—, en forma de una sola mata durante las primeras etapas de desarrollo y con el paso del tiempo de anillo, que se origina al morir la parte central de la mata. Posee un sistema radicular superficial —raramente se encuentran raíces por debajo de los 50 cm de profundidad— formado por abundantes raíces finas que alcanzan picos de biomasa entre los 10 y los 20 cm de profundidad. Sus hojas, estrechas, filiformes y alargadas, pueden superar el metro de longitud; tienen una epidermis muy pelosa y los estomas están hundidos en surcos longitudinales. La longevidad media de estas hojas es de 2 años y, una vez secas, permanecen durante varios años en las matas antes de desprenderse.

El esparto presenta una serie de características morfoestructurales y fisiológicas que le han permitido colonizar con éxito los duros ambientes semiáridos mediterráneos. Entre las primeras se encuentran el mantenimiento de las hojas muertas en la mata y, sobre todo, la inclinación natural de las hojas. Así, buena parte de las hojas están sombreadas por hojas vecinas, lo que hace que se reduzca la parte fotosintética expuesta al sol durante las horas centrales del día hasta menos del 50 % de la superficie foliar total. Este autosombreo minimiza el riesgo de la destrucción del fotosiste-

ma II —una de las agrupaciones de clorofila de las plantas— por el sobrecalentamiento y el exceso de radiación, y contribuye a reducir las pérdidas de agua por evapotranspiración. No obstante, tiene como contrapartida una disminución en la fotosíntesis —que puede ser de hasta el 55 % del potencial de fijación de carbono—, tal como demuestran estudios realizados en Almería por Fernando Valladares, del Centro de Ciencias Medioambientales del CSIC de Madrid.

Entre los mecanismos fisiológicos de que dispone el esparto para soportar la aridez se encuentra la pérdida de clorofila de las hojas durante la sequía estival, lo que permite reducir de manera considerable la cantidad de luz absorbida por la planta, disminuyendo así el riesgo de daño por exceso de radiación del fotosistema II. Este fotosistema se mantiene activo incluso bajo condiciones severas de desecación de las hojas; de este modo, el esparto saca partido de los pulsos de recursos que, como las lluvias, ocurren ocasionalmente durante la época estival. Experimentos realizados en Almería por Francisco Pugnaire, de la Estación Experimental de Zonas Áridas, del CSIC, en Almería, y sus colaboradores han demostrado que el esparto responde rápidamente a un riego efectuado durante la época estival: aumenta significativamente su fotosíntesis y elongación foliar respecto a las plantas no irrigadas. En estudios a largo plazo, estos investigadores han observado un efecto

1. VISTA DE UN ESPARTAL SEMIARIDO típico, en los alrededores de Carabaña, Madrid. Puede apreciarse la estructura en mosaico de la vegetación y el predominio del esparto.

2. EJEMPLAR JUVENIL DE PINO CARRASCO (*Pinus halepensis*) que crece al abrigo de una mata de esparto. La mejora de las condiciones edáficas y microclimáticas en el entorno de las matas posibilita la existencia de interacciones facilitadoras entre el esparto y numerosas especies de plantas vasculares y no vasculares.



similar; la elongación foliar, la fotosíntesis y el potencial hídrico del esparto dependieron del estado hídrico del suelo, que a su vez fluctuó estacionalmente con las precipitaciones.

La reproducción en el esparto ocurre de forma vegetativa y sexual. La reproducción vegetativa comienza con la fragmentación de los anillos que se originan conforme las matas aumentan de tamaño. Dicha fragmentación origina una serie de matas hijas que se hacen independientes y que, a su vez, formarán nuevos anillos de plantas hijas al aumentar de tamaño. Las flores del esparto, hermafroditas, se agrupan en inflorescencias de panícula fusiforme. La floración tiene lugar entre mayo y principios de julio, aunque bajo condiciones favorables puede adelantarse a marzo, como se ha comprobado en zonas semiáridas de Alicante.

El esparto es una especie autoincompatible que muestra vecería —años productivos e improductivos— en la generación de flores y semillas, que son dispersadas por el viento. Estudios realizados por María Gasque y Patricio García-Fayos en el Centro de Investigaciones sobre Desertización, en Albal, Valencia, del CSIC y la Universidad y la Generalidad de Valencia, han comprobado que las semillas pueden dispersarse a distancias superiores a los 30 m, aunque más de la mitad de las semillas dispersadas lo hacen a menos de 2,5 m del borde de la planta madre.

El reclutamiento de nuevas plántulas se desarrolla de forma continuada y va a depender de la producción de semillas, que a su

vez está controlada por la densidad de matas de esparto, el tamaño de las mismas y las variaciones temporales en la producción de espigas. Tradicionalmente se ha considerado que la reproducción sexual del esparto se da únicamente bajo la sombra de los árboles. Esta afirmación no se sostiene a la luz de recientes ensayos realizados por los autores mencionados, quienes observaron una polinización menos eficiente, una menor densidad de individuos y una menor tasa de emergencia y supervivencia de las plántulas de esparto en pinares que en zonas abiertas de matorral.

Ecología de los espartales: del patrón al proceso

En las zonas semiáridas, la mayoría de las lluvias son de escasa entidad y difícilmente aprovechables por la vegetación. Por ello, las plantas vasculares deben desarrollar mecanismos no sólo para resistir la sequía y aprovechar los pulsos de recursos, sino también para captar y almacenar el agua aportada por las lluvias torrenciales, considerables aunque infrecuentes. Estos eventos generan flujos de escorrentía que, si se concentran en determinadas zonas, permiten a éstas disfrutar de unas condiciones hídricas más mésicas —un buen suministro de humedad— que lo que el régimen de lluvias sugiere, tal como apuntó Immanuel Noy-Meir a comienzos de los años setenta.

Este proceso tiene lugar en los espartales del sudeste ibérico, donde el trabajo realizado por Juan Puigdefábregas, de la Estación Experimental de Zonas Áridas, y colaboradores ha

demostrado la existencia —en zonas de cierta pendiente— de un patrón fuente-sumidero.

En esos espartales del sudeste, el agua y los sedimentos arrastrados por los flujos de escorrentía —generados tras los eventos lluviosos de cierta magnitud— se desplazan desde las zonas sin vegetación hacia las matas de esparto, que hacen de barrera para los flujos. Esta dinámica se ve favorecida también por las diferencias en infiltración entre las zonas sin vegetación y la cara norte de las matas de esparto. Es mucho mayor en esta última. Conviene mencionar que las matas de esparto no son los únicos sumideros en los espartales; los arbustos de cierto tamaño y otras estructuras situadas en contacto con la superficie del suelo —ramas muertas, piedras de gran tamaño y acumulaciones de hojarasca,— son muy efectivos reteniendo el agua, los sedimentos y los nutrientes arrastrados por los flujos de escorrentía.

La captación de agua va a condicionar la distribución de las matas de esparto en los espartales, que se organizan en el espacio para optimizar este proceso, tal como demuestran los estudios realizados por Puigdefábregas. Así, en zonas de moderada pendiente, donde la circulación de sedimentos no es muy intensa, las matas de esparto se alinean de forma paralela a las curvas de nivel. En zonas de mucha pendiente, estas matas no pueden retener los intensos flujos de agua y sedimentos que se generan, por lo que forman bandas paralelas a la dirección de máxima pendiente.

A largo plazo, la dinámica fuente-sumidero en los espartales provoca una disminución y empobrecimiento del suelo en las zonas desnudas y un enriquecimiento del mismo en el entorno de las matas. Asimismo, la elevada concentración de biomasa y hojarasca en la mata de esparto, unida a la captación de agua y sedimentos procedentes de los flujos de escorrentía y a la mejora del microclima en sus inmediaciones (la sombra de las matas amortigua la dureza del clima sobre las plantas al reducir la evaporación edáfica y el exceso de radiación) propicia la creación de un microambiente en el entorno de las matas nítidamente diferenciado del de los claros circundantes.

El suelo existente bajo las matas de esparto se caracteriza por presentar una menor compactación, una mayor proporción de arenas, mayores contenidos de humedad después de una lluvia y de materia orgánica, un mayor número de propágulos —estructuras que se separan de la planta y la reproducen asexualmente— micorrícicos —las micorrizas son la simbiosis de raíces y hongos— y mayores valo-

res del cociente entre el carbono y el nitrógeno del suelo que en los claros contiguos.

Las modificaciones edáficas generadas por el esparto forjan auténticas “islas de recursos” en las inmediaciones de las matas que, junto a la mejora del microclima en estos lugares, repercutirán en la distribución espacial, al establecimiento y a la supervivencia de numerosas especies animales y vegetales. En las zonas semiáridas del sudeste ibérico, el microambiente proporcionado por las matas de esparto es aprovechado por numerosas especies de briófitos —musgos— y líquenes, algunos de los cuales, como *Lepraria crassissima* var. *isidiata*, *Parmelia pokornyi*, *Cladonia pyxidata* var. *pocillum* y *Psora albilabra*, no pueden sobrevivir en las condiciones secas y soleadas de los claros situados entre las matas.

La investigación realizada en Almería y Alicante ha observado que las comunidades de plantas anuales poseen mayores valores de diversidad, cobertura y biomasa en el entorno de las matas que en los claros adyacentes, y que existe una asociación positiva entre las matas de esparto y la distribución espacial de especies arbóreas y arbustivas (*Pinus halepensis*, *Anthyllis cytisoides*, *Ephedra fragilis*, *Globularia alypum* y *Thymus vulgaris*, entre otras).

Estas observaciones han sido completadas con experimentos acometidos por el autor, Jordi Cortina y Susana Bautista, de la Universidad de Alicante, en espartales alicantinos, en los que se ha visto que la supervivencia de especies arbustivas como el lentisco (*Pistacia lentiscus*) y la coscoja (*Quercus coccifera*) era mayor cuando se los plantaba en la cara norte de las matas

3. RESTOS DE VEGETACION ARBUSTIVA en un espartal semiárido. Los arbustos desempeñan un papel clave en el funcionamiento de los espartales semiáridos degradados, ya que aumentan la productividad, el contenido de nutrientes y la capacidad de recuperación del ecosistema frente a las perturbaciones. Proporcionan un hábitat adecuado para numerosas especies animales y vegetales.



4. COSTRA BIOLÓGICA característica de las inmediaciones de las matas de esparto (*izquierda*) y de los espacios sin vegetación situados entre las mismas (*derecha*) sobre sustrato margoso. En el primer caso, la costra está dominada por los musgos, mientras que en el segundo los líquenes (*manchas amarillas, marrones y rosáceas*) y las cianobacterias (*matriz negruzca*) son los componentes mayoritarios. Estas diferencias en la composición de las costras biológicas entre las zonas desnudas y la parte norte de las matas de esparto propician un aumento de la escorrentía y de la infiltración en estos microambientes, respectivamente.

de esparto que cuando se los introducía en los claros situados entre las matas. En la misma línea, Patricio García-Fayos y María Gasque han observado que la mortalidad estival de arbustos establecidos naturalmente en espartales de Alicante y Valencia era notablemente mayor en los claros que en las inmediaciones de las matas de esparto. Así pues, las modificaciones edáficas y microclimáticas generadas por el esparto influyen de manera decisiva en la estructura y composición de los espartales.

Facilitación y competencia

En su conjunto, las distintas observaciones y experimentos realizados en los espartales sugieren que el esparto es capaz de facilitar el establecimiento y desarrollo de numerosas especies de plantas vasculares y no vasculares. Unos resultados que concuerdan con numerosas observaciones de campo recogidas en otros ecosistemas sobre la importancia y generalidad de las interacciones positivas o “facilitación”.

Distintos estudios han puesto de manifiesto que las interacciones facilitadoras y las competitivas entre las especies vegetales actúan simultáneamente en las comunidades naturales; el resultado neto de una interacción determinada es la suma de efectos positivos y negativos de distinta magnitud. En este sentido, Mark Bertness y Ragan Callaway propusieron en 1994 un modelo que establece que la importancia de la facilitación frente a la competencia aumenta al par que las condiciones de estrés.

Con el fin de evaluar si este modelo es válido en los espartales, el autor y Jordi Cortina realizaron un experimento con el que estudiaron el efecto del esparto en la supervivencia de plántulas de lentisco a lo largo de un

gradiente de estrés ambiental. Contrariamente a lo establecido por el modelo de Bertness y Callaway, se encontró una menor supervivencia en las inmediaciones de las matas de esparto en los dos extremos del gradiente de estrés evaluado. Es decir, en condiciones de estrés muy intenso puede darse competencia, al igual que en condiciones de poco estrés. En este sentido, no hay que olvidar que el propio esparto compite también por el agua con las especies que tiene a su alrededor, y que bajo condiciones de elevado estrés, como las que se producen durante los años con escasez de lluvias primaverales seguida de una prolongada sequía estival, las mejoras edáficas y microclimáticas propiciadas por el esparto pueden no compensar su propia toma de agua, con lo que ejerce un efecto neto negativo sobre dichas especies.

Funcionalidad y costra biológica

La formación de “islas de recursos” y las interacciones entre el esparto y otros organismos son procesos que operan a escala fina, de mata individual, y que, en buena medida, van a verse afectados por propiedades de las matas de esparto, como su número y tamaño. Estas características de las matas desempeñan un papel clave en el funcionamiento del ecosistema a escalas mayores. Así, recientes estudios llevados a cabo por el autor y Jordi Cortina en espartales semiáridos del sudeste ibérico sugieren que la funcionalidad de los espartales —evaluada a partir de su capacidad para reciclar nutrientes, infiltrar el agua de escorrentía y resistir la pérdida de suelo por erosión— está positiva y significativamente relacionada con el número, tamaño y distancia media entre



FERNANDO T. MAESTRE

matas de esparto consecutivas, así como con la cobertura de los arbustos rebrotadores.

Conviene destacar el importante papel que estos arbustos desempeñan en los espartales, ya que no sólo son importantes determinantes de la función del ecosistema, sino que repercuten también en la riqueza específica y diversidad de plantas vasculares perennes, pese a que su cobertura no suele ser muy elevada.

La investigación nos muestra, además, que las funciones del ecosistema no se recuperan al mismo ritmo tras una perturbación en los espartales. Así, el tiempo necesario para restablecer las funciones relacionadas con el reciclado de nutrientes de modo que el ecosistema vuelva a ser capaz de autorregularse es considerablemente superior al requerido para alcanzar dichos niveles tras procesos erosivos. El proceso va íntimamente ligado a la recolonización y expansión de los arbustos en los espartales. De tales resultados se desprende que los espartales semiáridos, con los niveles de degradación que presentan en la actualidad, representan un estado de inmadurez funcional respecto a las comunidades dominadas por las especies arbustivas rebrotadoras.

En párrafos anteriores se ha puesto de manifiesto la importancia que la dinámica fuente-sumidero adquiere en el funcionamiento de los espartales, lo que no significa que las zonas situadas entre las matas sean meros lugares de exportación de agua, sedimentos y nutrientes hacia las matas de esparto. En estos ambientes se desarrolla un particular conjunto de organismos —bacterias, cianobacterias, algas, musgos y líquenes— que recibe el nombre de costra biológica. Esta costra, presente en las zonas áridas y semiáridas de todo el globo, interviene de forma destacada en el funcionamiento del ecosistema, pues supone una importante fuente de carbono y nitrógeno, incrementa la estabilidad del suelo, afecta a los flujos de agua e influye en el establecimiento, contenido nutricional y estado hídrico de las plantas vasculares.

La investigación realizada en el desierto del Negev (Israel) por David Eldridge y sus colaboradores, de la Universidad de Nueva Gales del Sur, ha puesto de manifiesto que la costra biológica dominada por líquenes y cianobacterias propicia la generación de estos flujos hacia las manchas de vegetación. En el caso de los espartales, se ha comprobado que las diferencias en la composición de las costras biológicas entre las zonas desnudas y la parte norte de las matas de esparto propician un aumento de la escorrentía y de la infiltración en tales microambientes, respectivamente. Si bien estos estudios dan a entender que los componentes de la costra biológica contri-



buyen a la generación de la dinámica fuente-sumidero en los espartales, se desconoce el peso de la costra biológica —en comparación con otras características físicas de la superficie del suelo— en la generación de flujos de agua aprovechables por la vegetación, así como su contribución a los flujos de nutrientes y a la dinámica de la vegetación en los espartales. De esas cuestiones nos ocupamos ahora en espartales de Alicante.

Uso de los espartales

El análisis de la ecología de los espartales no debe dejar de lado el hecho de que estos ecosistemas han estado íntimamente ligados a las actividades de los pobladores de las zonas que habita, que han utilizado desde la prehistoria la fibra de esparto para la fabricación de pasta de papel, cuerdas y los más variados utensilios, entre otros, zapatos, cestas, redes de pesca, costales, espuelas y capachos para el prensado de la uva y la aceituna. Así, en Granada (Cueva de los Murciélagos, en Albuñol) se han encontrado restos de útiles fabricados con fibra de esparto que datan del año 3500 a.C., aunque seguramente el esparto se ha aprovechado en la península Ibérica desde mucho antes. En tiempos de los iberos era bastante corriente emplear fibra del esparto para fabricar numerosos utensilios. Se asegura incluso que en aquella época existía toda una cultura ibérica del esparto. La fibra de esta especie fue muy utilizada por las tropas romanas durante las guerras púnicas, en el siglo III a.C. Varios autores griegos y romanos

5. VISTA DE UN ESPARTAL de repoblación en las inmediaciones de Fortuna (Murcia). Los trabajos de plantación en los espartales sometidos a explotación se realizaban durante el otoño. Consistían en plantar porciones de rizoma con unas cuantas hojas procedentes de un esparto ya existente y se las dejaba crecer sin que recibieran ningún tipo de tratamiento posterior.

El autor

Fernando T. Maestre es investigador contratado Ramón y Cajal del departamento de biología y geología de la Universidad Rey Juan Carlos de Madrid. Fue becario posdoctoral MECD/ Fulbright en el Departamento de Biología de la Universidad Duke, en Carolina del Norte. Realizó su tesis doctoral en la Universidad de Alicante, donde estudió, entre otros aspectos, los efectos de la heterogeneidad espacial de la vegetación y las propiedades edáficas en el funcionamiento y restauración de los espartales semiáridos.

mencionan las vastas extensiones del sudeste peninsular ocupadas por los espartales, a la que llamaron “Spartarion Pedion” y “Campus Spartarius”.

Con distintos altibajos, en función de la situación socioeconómica y política del país, la recolección de la fibra de esparto y el manejo de los espartales en España se mantuvo hasta la segunda mitad del siglo xx. Los flujos migratorios hacia las ciudades que comenzaron en los años sesenta, la irrupción de las fibras sintéticas y la pérdida de parte de sus antiguas prestaciones provocaron que la superficie de los espartales y su producción disminuyera de manera drástica en un breve período de tiempo. Así, según datos del Ministerio de Medio Ambiente, los espartales ocupan en la actualidad en España unas 409.000 hectáreas —en 1968 había 684.000 ha—, mientras que la recolección de fibra de esparto ha caído de 40.757 toneladas en 1969 a 89 en 1994.

Debido a sus usos, el hombre ha favorecido la expansión del esparto, cultivándolo en ocasiones —mediante la plantación de porciones de las matas durante el otoño—, estimulando su crecimiento —por medio del entresacado de las matas y la limpieza de las hojas muertas— y eliminando aquellas especies que competían con el esparto por el agua y los nutrientes (con quemadas repetidas, que se realizaban cada 4 o 5 años, y el pastoreo). Si bien es evidente que la acción del hombre ha moldeado el funcionamiento y dinámica de los espartales durante siglos, el efecto de esta actividad en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas

en la actualidad, así como en su dinámica futura, constituye una incógnita.

En un reciente estudio, el autor ha evaluado el efecto de la actividad humana en los espartales durante los últimos siglos —estimada indirectamente a partir de datos históricos de población y de accesibilidad— en el número y diversidad de especies de plantas perennes en espartales de Alicante y Murcia. Los resultados del trabajo muestran la existencia de una relación significativa y negativa entre las cifras de población durante los últimos 300 años (entre 1787 y 1950) y estas variables. La incidencia de la actividad, sin embargo, fue menor que la de las características estructurales del ecosistema —como la cobertura de arbustos rebrotadores y las características espaciales de las matas de esparto— y que la de los factores abióticos (la altitud, por ejemplo).

En la misma línea, la investigación acometida en Almería por Inmaculada Alados y sus colaboradores, del Instituto Pirenaico de Ecología del CSIC, indica que los usos tradicionales del ecosistema, como el pastoreo, han favorecido la degradación de los matorrales y su conversión en espartales. Estos autores han encontrado una relación negativa entre la probabilidad de que un espartal evolucione hacia un matorral y la densidad de casas en el área, así como una relación positiva entre dicha probabilidad y la distancia del espartal al núcleo de población más cercano.

Los resultados de los estudios reseñados sugieren que la actividad humana desarrollada en el pasado repercute en la estructura y composición de los espartales en la actualidad, así como en su dinámica. El análisis pormenorizado de los efectos de la actividad humana sobre la estructura y funcionamiento de los ecosistemas encuentra múltiples dificultades metodológicas; escasean los registros e indicios que permitan estimar el impacto de las actividades humanas, del pastoreo y la recolección de fibra de esparto en zonas concretas. Su estudio, con todo, reviste interés principal para comprender el funcionamiento y dinámica de los espartales.

Restauración mediante plantaciones

Numerosos autores han estudiado el papel de los espartales dentro de la sucesión vegetal. Se trata de un aspecto controvertido. En las zonas semiáridas del norte de África, según Henri Noël Le Houérou, del Centro de Ecología Funcional y Evolutiva de Montpellier, estas formaciones aparecen tras la degradación de bosques abiertos dominados por el pino carrasco (*Pinus halepensis*), el araar (*Tetraclinis articulata*), la sabina (*Juniperus phoenicea*) y

6. REPOBLACION DE PINO CARRASCO (*Pinus halepensis*) realizada mediante subsolado y aterrazamiento en una zona de espartal semiárido, de las proximidades de El Campello. Obsérvese el impacto visual de los aterrazamientos y el escaso desarrollo del arbolado introducido.



la acacia (*Acacia tortilis* spp. *radiana*). Josias Braun-Blanquet, padre de la fitosociología y maestro de botánicos españoles, sostenía, sin embargo, que era la formación climácica —el clímax de la sucesión geobotánica— en las zonas que bordean el desierto.

La mayoría de los botánicos y fitosociólogos piensan que los espartales son en la península Ibérica etapas de degradación de encinares de *Quercus ilex*, pinares de pino carrasco o matorrales esclerófilos mediterráneos dominados por la coscoja, el lentisco y el espino negro (*Rhamnus lycioides*). No obstante, éste es un aspecto en plena discusión y hay investigadores que consideran a los espartales semiáridos ibéricos formaciones climácicas o, cuando menos, altamente estables en el tiempo.

Atendiendo a los modelos de dinámica sucesional propuestos por Salvador Rivas Martínez, de la Universidad Complutense, en ausencia de perturbaciones sería esperable observar en los espartales, en las zonas donde las precipitaciones lo permitan, un aumento progresivo de la cobertura de arbustos y árboles. No obstante, dicho aumento raramente se aprecia en la actualidad en zonas semiáridas, ni siquiera en espartales donde toda actividad humana cesó hace varias décadas.

Independientemente de que se considere o no a los espartales comunidades seriales —una fase intermedia en una sucesión de sistemas ecológicos—, la introducción de especies leñosas autóctonas en ellos encierra interés desde el punto de vista de la gestión. Favorecería su heterogeneidad y diversidad, aumentaría su “resiliencia” —capacidad de recuperación tras una perturbación—, mejoraría su capacidad de retener y utilizar recursos y contribuiría al desarrollo de las comunidades animales asociadas a las especies arbustivas. Asimismo, no hay que olvidar que los espartales, debido a las características climáticas, geomorfológicas, litológicas y edáficas de las zonas donde se desarrollan, son altamente sensibles a los procesos de erosión del suelo y desertización y que muchos de ellos se encuentran muy degradados. En estos casos, la introducción de especies leñosas contribuiría a frenar las pérdidas de suelo por erosión y a revertir los procesos de degradación a medio y largo plazo.

La plantación de especies leñosas en los espartales se ha venido realizando desde hace decenios en España. Dentro de las políticas de restauración hidrológico-forestal y, más recientemente, de los planes puestos en marcha por distintas administraciones para luchar contra la desertización, numerosos espartales del sudeste ibérico han sido objeto de repoblaciones forestales. En la mayoría de las veces, estas



actuaciones se proponían mejorar la situación actual de degradación de la cubierta vegetal, restablecer las funciones de protección del suelo y regulación hídrica de la vegetación y acelerar el proceso de sucesión vegetal. En la práctica, han consistido casi exclusivamente en plantaciones de pino carrasco realizadas siguiendo un marco regular y con una preparación previa del terreno mediante aterrazamientos o subsolados.

Pero tales plantaciones han generado en numerosas ocasiones masas arbóreas de escaso porte, que no han promovido una recuperación significativa de la cubierta vegetal, que sufren una alta recurrencia de plagas, como la procesionaria del pino (*Taumetopea phytoctampa*), y con un gran impacto visual. Asimismo, han originado numerosos problemas de erosión asociados al empleo de terrazas y otras técnicas agresivas de plantación, que no han respetado la estructura de la vegetación ni los flujos de agua y sedimentos en la ladera.

Si bien estas plantaciones han seguido criterios ecológicos en cuanto a sus objetivos, en numerosas ocasiones han conseguido un efecto contrario al perseguido, pues han acentuado las pérdidas de suelo por erosión y los procesos de degradación. Sus impactos ecológicos y visuales han generado una notable polémica entre gestores, científicos de distintas áreas y organizaciones no gubernamentales con fines conservacionistas, sobre la idoneidad de estas actuaciones en zonas semiáridas. Tal situación pone de manifiesto la necesidad de nuevas técnicas de gestión y restauración ecológica, adecuadas a las características de los espartales.

7. CARCAVAS EN UN ESPARTAL SEMIARIDO sobre terreno margoso en las inmediaciones de Petrel (Alicante). Buena parte de los espartales semiáridos ibéricos presentan cierto grado de degradación de la cubierta vegetal. En casos de degradación severos, como en la fotografía, se generan cárcavas que propician la pérdida de recursos (agua, sedimentos y nutrientes) del ecosistema y su posterior degradación.



8. VISTA DE DOS ESPARTALES SEMIARIDOS que difieren en su estado de degradación; el situado a la izquierda (inmediaciones de Alicante) se encuentra más degradado que el de la derecha (Aigües de Busot, Alicante). Espartales con distintos niveles de degradación requieren estrategias de gestión y restauración diferentes. En la zona de la izquierda es necesario frenar las pérdidas de suelo por erosión y recuperar funcionalidad y estructura; para ello, pueden introducirse sumideros mediante el apilamiento de ramas muertas. En la zona de la derecha las medidas de gestión pasarían por la plantación de especies arbustivas rebrotadoras. Dicha plantación incrementaría la diversidad del ecosistema y su capacidad de recuperación ante las perturbaciones; además, facilitaría la llegada de nuevas especies animales y vegetales a medio y largo plazo.

Gestión basada en la heterogeneidad

Hemos visto que los espartales son ecosistemas caracterizados por un elevado grado de heterogeneidad en la distribución espacial de la vegetación y las propiedades edáficas, heterogeneidad que cumple una función clave en su funcionamiento y dinámica. Parece, por ende, razonable pensar que el establecimiento de medidas de gestión y restauración ecológica de los espartales pasa por aprovechar la heterogeneidad y el resto de los procesos e interacciones ecológicas desarrolladas en su seno. Un aprovechamiento que puede a veces quedarse en el dominio de la especulación teórica.

Los ecosistemas degradados suelen presentar una funcionalidad reducida, entendida como la capacidad del ecosistema de retener y aprovechar los recursos de que dispone (suelo, agua, nutrientes), amén de generar bienes y servicios (producción de oxígeno, fijación de carbono atmosférico, mineralización de nutrientes, retención de suelo, etc.). Ramón Margalef, de la Universidad de Barcelona, propuso que un ecosistema funcional, o, como él lo llamaba, organizado, se caracteriza por una elevada homeostasis —autorregulación ante influjos externos— y reducida tasa de pérdida de recursos. Así pues, la evaluación de estas pérdidas podría utilizarse para definir el nivel de degradación de un ecosistema dado. No obstante, dicha estimación suele ser muy costosa y difícilmente practicable a una escala apropiada para la gestión.

En los espartales, la heterogeneidad espacial en la distribución de la vegetación controla la redistribución de los recursos, su retención y aprovechamiento. Por la sencilla razón de

que constituye la causante última de la dinámica fuente-sumidero que hemos descrito. Si la presión humana adquiere fuerza suficiente, pueden modificarse atributos de esta heterogeneidad clave a la hora de controlar la dinámica, como la distancia entre sumideros y su tamaño. Un aumento de la distancia entre sumideros incrementaría la cantidad de agua y sedimentos transportados durante los fenómenos de escorrentía hasta niveles que pudieran exceder la capacidad de los sumideros de retenerlos. Cuando tal ocurriera, se produciría una pérdida de recursos y una disminución de la resistencia del ecosistema frente a nuevos eventos de escorrentía a medio y largo plazo. Por consiguiente, podríamos recurrir a los atributos espaciales de la vegetación para estimar de una manera sencilla y rápida la funcionalidad del ecosistema.

En esta línea, David Tongway, de CSIRO —el consejo de investigaciones científicas australiano—, propuso un sistema de evaluación que combina la información proporcionada por la disposición espacial de los sumideros y por sencillos indicadores de la condición de la superficie del suelo. Esta metodología ha sido aplicada por el autor y Jordi Cortina para evaluar el estado funcional de los espartales a lo largo de un gradiente de degradación en el sudeste ibérico. Los resultados obtenidos son prometedores y, si bien la aplicación del enfoque plantea distintos retos aún —como el calibrar la información que proporciona con medidas reales de utilización y pérdida de recursos en los espartales—, sugieren que podría resultar idóneo para caracterizar el estado funcional de los espartales ibéricos.

La información sobre el nivel de funcionalidad de los espartales reviste un interés obvio a la hora de sentar las bases de su restauración ecológica. Nos permitiría establecer de entrada un orden de prioridad en las zonas a restaurar y, luego, seleccionar el orden de restablecimiento de los componentes o funciones del ecosistema que se han perdido.

En los casos en los que el espartal está muy degradado, la restauración podría iniciarse con actuaciones encaminadas a aumentar el número de sumideros y a reducir la distancia entre los mismos, lo cual puede conseguirse de una manera sencilla y económica apilando ramas muertas en las zonas desnudas. Ello permitiría, a su vez, frenar las pérdidas de suelo y nutrientes por erosión y proporcionar microambientes favorables para la germinación de distintas especies anuales y leñosas. Se ha comprobado ya la eficacia de la técnica en zonas semiáridas de Australia. Allí, Tongway y John Ludwig han demostrado que la colocación de ramas de *Acacia* en pilas mejoraba la retención de sedimentos y hojarasca, aumentaba la infiltración edáfica e incrementaba los contenidos en nutrientes y el número de invertebrados edáficos.

Posteriormente a la creación de nuevos sumideros, y una vez que esta actuación hubiera detenido los procesos degradativos y permitido recuperar cierta funcionalidad, la siguiente fase de la restauración consistiría en plantar especies arbustivas rebrotadoras, que permitirían una recuperación a medio y largo plazo de las funciones relacionadas con el reciclado de los nutrientes y facilitarían la llegada de nuevas especies vegetales y animales que encuentran en los arbustos alimento y refugio.

Las plantaciones constituyen la opción apropiada cuando el espartal no está muy degradado y mantiene cierta funcionalidad. La introducción de arbustos en los espartales debe realizarse sin alterar la vegetación existente ni la dinámica fuente-sumidero. Los plantones deben de introducirse en el microambiente proporcionado por las matas de esparto, así se aprovecharían también los procesos ecológicos naturales, la facilitación en este caso, para favorecer su introducción en zonas donde su colonización natural es extremadamente difícil en la actualidad.

Bajo ciertas condiciones de estrés ambiental, el esparto podría resistirse al establecimiento de las especies arbustivas. Justamente nuestros ensayos en espartales de Alicante indican el potencial que esta interacción encierra para promover la implantación de estas especies en espartales semiáridos degradados. Aunque no debemos silenciar que las tasas de supervivencia obtenidas en estos estudios dependían

mucho de las precipitaciones durante los primeros meses tras la plantación.

En breve, las mejoras microclimáticas y edáficas introducidas por el esparto quizá no basten para garantizar la implantación de los arbustos cuando las condiciones climáticas posteriores a la plantación sean particularmente desfavorables. Deberán realizarse nuevos ensayos para conocer los umbrales de precipitación, a partir de los cuales pueden obtenerse porcentajes aceptables de supervivencia de las plantas introducidas y para evaluar el efecto combinado de la facilitación con el de otras técnicas ecotecnológicas encaminadas a disminuir las condiciones de estrés a las que se ven sometidas los plantones en el campo. Entre las técnicas aludidas merecen citarse la mejora de las propiedades fisicoquímicas del suelo mediante la adición de enmiendas orgánicas, el aumento de la capacidad de los plantones para captar agua y nutrientes mediante su micorrización —la simbiosis de sus raíces con hongos— en vivero y el endurecimiento hídrico de los plantones para reforzar su resistencia a la sequía.

Los espartales ibéricos han sido objeto de numerosos estudios que han permitido adquirir un conocimiento más que notable de su ecología. Pese a ello, aún existen importantes interrogantes sobre distintos aspectos. ¿Cuál es el papel que desempeñan la fauna edáfica y los microorganismos en el funcionamiento del ecosistema? ¿Qué mecanismos limitan la expansión de los arbustos en los espartales? ¿Qué dinámica a medio y largo plazo van a seguir estos ecosistemas bajo el cambio climático?

Todo ello habrá de abordarse en nuevos ensayos a realizar en los espartales, que contribuirán a mejorar nuestro conocimiento de su ecosistema. Nos parece apremiante la ejecución de proyectos piloto de gestión y restauración en los espartales, que incorporen los conocimientos adquiridos sobre su estructura y funcionamiento, habida cuenta del grado de degradación que presentan y el riesgo de desertización de las zonas que habitan.

Los proyectos deberán incluir evaluaciones a medio y largo plazo de sus costes económicos, de las dificultades logísticas y del impacto social, ya que sólo así podrá avanzarse en el establecimiento de medidas de gestión y restauración viables ecológica, económica y socialmente. La implantación de tales medidas contribuiría a conservar y mejorar el estado de uno de los ecosistemas más singulares y representativos de las zonas más áridas de la cuenca mediterránea: las estepas dominadas por el esparto o atocha.

Bibliografía complementaria

SCALES AND PROCESSES OF WATER AND SEDIMENT REDISTRIBUTION IN DRYLANDS: RESULTS FROM THE RAMBLA HONDA FIELD SITE IN SOUTHEAST SPAIN. J. Puigdefábregas, A. Solé-Benet, L. Gutiérrez, G. Del Barrio y M. Boer en *Earth-Science Reviews*, vol. 48, págs. 39-70; 1999.

LA RESTAURACION DE LA CUBIERTA VEGETAL EN ZONAS SEMI-ARIDAS EN FUNCION DEL PATRON ESPACIAL DE FACTORES BIOTICOS Y ABIOTICOS. F. T. Maestre. Fundación Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes, 2002.

POSITIVE, NEGATIVE AND NET EFFECTS IN GRASS-SHRUB INTERACTIONS IN SEMI-ARID MEDITERRANEAN STEPPES. F. T. Maestre, S. Bautista y J. Cortina en *Ecology*, vol. 84, págs. 3186-3197; 2003.

ON THE IMPORTANCE OF PATCH ATTRIBUTES, ABIOTIC FACTORS AND PAST HUMAN IMPACTS AS DETERMINANTS OF PLANT SPECIES RICHNESS AND DIVERSITY IN MEDITERRANEAN SEMI-ARID STEPPES. F. T. Maestre en *Diversity and Distributions*, vol. 10, págs 21-29; 2004.