

Capítulo 9

Posibles efectos del cambio climático sobre las especies vegetales en Castilla-La Mancha

José M^a Herranz Sanz
Miguel Ángel Copete Carreño
Pablo Ferrandis Gotor

*Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos
Dpto. de Producción Vegetal y Tecnología Agraria*

Introducción

Durante las últimas décadas se está produciendo un cambio climático acelerado que, aunque es un fenómeno de causas complejas, está producido en gran medida por la emisión a la atmósfera de grandes cantidades de CO₂ y otros gases de efecto invernadero. Dicho cambio climático da lugar a un abanico de efectos directos e indirectos que se ven acentuados por la interacción con otros motores del cambio global (contaminación ambiental, cambios de uso del territorio). Como consecuencia se están produciendo cambios en el medio físico local (temperatura, humedad del suelo, luminosidad, etc.) que pueden tener efectos muy perjudiciales sobre las especies con menor amplitud ecológica o sobre aquellas que presentan una distribución muy fragmentada, así como sobre las poblaciones relicticas y marginales de muchas especies (MIMAM, 2006).

Incluso en las proyecciones y escenarios más benignos de cambio climático en el siglo actual, con tasas muy bajas de emisiones de CO₂ y otros gases de efecto invernadero (aun así se pasaría de las actuales 380 a 520 ppm), las previsiones para mitad de siglo son de un aumento de la temperatura media anual de 1,5-2,5°C y una disminución de las precipitaciones comprendida entre un 10-20%. De hecho en las tres últimas décadas ya se ha constatado un aumento de la temperatura media de 1,5°C en zonas del interior peninsular. También se prevé un aumento de la amplitud y frecuencia de las anomalías térmicas, aumentando el número de días con temperaturas máximas extremas y disminuyendo las temperaturas mínimas extremas. Estos cambios originarán el desplazamiento del área potencial de muchas especies fuera de sus zonas de distribución actual, ocasionando su previsible desaparición en amplias zonas de la Península Ibérica, ya que, dada la rapidez del proceso, muchas especies carecerán de capacidad adaptativa para soportar dichos cambios.

En el presente informe vamos a considerar los siguientes apartados:

- Impactos previsibles del cambio climático sobre los ecosistemas terrestres.
- Análisis de impactos según los tipos de vegetación.
- Posibles efectos sobre las comunidades vegetales amenazadas (hábitats de protección especial) de Castilla-La Mancha.
- Posibles efectos sobre la flora amenazada de Castilla-La Mancha.
- Medidas recomendables de adaptación y posible mitigación.

Para los dos primeros apartados nos hemos basado en el informe “Evaluación Preliminar de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático”, de MORENO & *al.* (2005) para el Ministerio de Medio Ambiente, especialmente en los capítulos de los que son autores VALLADARES & *al.* (2005) y FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ & *al.* (2005).

Para los dos siguientes apartados nos ha sido de gran utilidad la información recogida en el libro “La vegetación protegida en Castilla-La Mancha” (MARTÍN HERRERO & *al.*, 2003) así como la experiencia adquirida en nuestros trabajos de campo a lo largo de dos décadas. Las medidas recomendadas en el último apartado tienen como finalidad extremar las medidas de conservación en las comunidades vegetales más amenazadas para, de esta manera, paliar de alguna forma los efectos perjudiciales del cambio climático.

1. Impactos previsibles del cambio climático sobre los ecosistemas terrestres

1.1 Migraciones altitudinales y latitudinales

En respuesta a los periodos glaciales e interglaciales registrados a lo largo de la historia geológica, la vegetación leñosa ha migrado latitudinal y altitudinalmente. Durante las glaciaciones del cuaternario muchas especies europeas migraron en latitud con tasas de entre 50-500 m/año, llegando a 1 km/año en los géneros arbóreos *Acer*, *Alnus*, *Carpinus* y *Ulmus*. Como consecuencia del cambio climático en curso, el límite superior del bosque, limitado por temperatura, ha aumentado 50 m en muchas zonas del Pirineo (CAMARERO, 1999). En el Montseny, desde la segunda mitad del siglo pasado, se está produciendo una progresiva sustitución de hayedos por encinares, éstos han desplazado también a brezales de *Calluna vulgaris* (PEÑUELAS & BOADA, 2003). En algunos enclaves de la Sierra de Guadarrama, como el macizo de Peñalara, se ha observado un desplazamiento de pastizales por matorrales de *Juniperus* y *Cytisus* (SANZ-ELORZA & *al.*, 2003). Si las temperaturas siguen subiendo, la vegetación leñosa podría extenderse hacia las zonas más altas de las montañas y las comunidades que ya se encuentran en estas zonas altas se extinguirían. Otras veces, la única migración posible es hacia latitudes más septentrionales. No obstante, también hay que tener en cuenta que muchas de estas migraciones no serán posibles por la fragmentación del territorio y deterioro de muchos de los hábitats de posible colonización, lo que podría ocasionar la desaparición de muchas poblaciones.

1.2 Cambios fenológicos en los organismos y en las interacciones entre especies

La actividad de todos los seres vivos está muy influida por la temperatura, con lo que el calentamiento global va a traer consigo cambios en los ciclos vitales de plantas y animales. Estos

cambios fenológicos (p.e. salida y caída de las hojas, adelanto de floración y fructificación, etc.) se han convertido en el síntoma más claro de que el cambio climático ya afecta a la vida (PEÑUELAS & *al.*, 2002). Los ciclos vitales de los animales (p.e. movimientos migratorios en aves, acortamiento de la duración de los diferentes estadios larvarios en insectos, etc.) también se están alterando. Toda esta actividad prematura de plantas y animales puede ponerlos en peligro por las heladas tardías.

Por otra parte, respuestas heterogéneas al cambio climático pueden producir desincronizaciones en las interacciones entre las especies, por ejemplo entre las plantas y sus polinizadores o entre las plantas y sus herbívoros, alterando así la estructura de las comunidades.

1.3 Expansión de plagas y especies invasoras

Como el cambio climático va a alterar las interacciones entre especies, va a poner en contacto especies que apenas interactuaban. Así, ciertas plagas termófilas como la procesionaria del pino podrán expandirse en altitud y alcanzar poblaciones que nunca se habían visto afectadas por ella, como ya está ocurriendo con las poblaciones de pino silvestre de Sierra Nevada, que pueden sufrir más por los ataques de procesionaria que por los efectos directos del cambio climático (HÓDAR & *al.*, 2003).

Las especies invasoras son especies exóticas introducidas voluntaria o involuntariamente por el hombre que son capaces de mantener sus poblaciones de forma autónoma, extenderse y alterar procesos ecosistémicos clave: productividad, ciclos biogeoquímicos, regeneración, dinámica natural, etc. Todo apunta a un recrudecimiento de las invasiones con el cambio climático, que favorecerá a las especies invasoras que presenten una mayor plasticidad fenotípica que las especies autóctonas con las que coexisten.

1.4 Cambios en especies dominantes y disminución de la productividad con la sequía

En aquellas comunidades vegetales que no puedan desplazarse altitudinalmente o latitudinalmente, la sequía y los extremos climáticos originarán cambios en las mismas dando lugar a la extinción local de las especies peor adaptadas. Los cambios en las especies dominantes de una comunidad conllevan cambios en la productividad de la misma, afectando también al almacenamiento de carbono por la vegetación.

Existen indicios de que el aumento de la aridez y la temperatura no sólo afectará negativamente a la productividad primaria neta de las especies vegetales ahora presentes sino que inducirá su sustitución por otras más resistentes a las nuevas condiciones climáticas (PEÑUELAS & *al.*, 2001).

Especies como *Quercus coccifera* y *Q. ilex* podrían ir siendo desplazadas por especies más resistentes a la sequía como *Pistacia lentiscus* y *Phillyrea latifolia* (VILAGROSA & *al.*, 2003), siendo los esclerófilos lauroides relictos del Terciario (*Myrtus*, *Arbutus*, *Viburnum*) uno de los grupos funcionales de plantas mediterráneas más sensibles al cambio climático en curso. Asimismo podrían desaparecer muchas poblaciones de *Fagus sylvatica*, *Betula pendula*, *Pinus sylvestris*, *P. nigra*, y de otras especies forestales que se hallan en su límite climático.

1.5 Desajustes en los ciclos biogeoquímicos y en las reservas hídricas del suelo

Simulaciones para los encinares de Cataluña durante los próximos 40 años predicen un aumento de la producción bruta de un 56%, pero también un aumento de los gastos de respiración de un 58%, como consecuencia de un incremento de un 84% en la producción de hojarasca, con lo que la producción neta del ecosistema variará poco. Sin embargo, los cambios de temperatura y humedad alterarán los ciclos del carbono, nitrógeno y balances de energía con un aumento de la transpiración anual y disminución de un 25% de la reserva hídrica de los suelos. Asimismo, se ha constatado que con este aumento del estrés hídrico disminuye notablemente la ganancia de carbono (REICHSTEIN & *al.*, 2002).

1.6 Disminución de la capacidad de secuestro de carbono

Sequías inducidas experimentalmente en encinares han puesto de manifiesto que bajo condiciones más áridas que las actuales, en los bosques mediterráneos disminuirá la tasa de crecimiento y, por lo tanto, su capacidad para secuestrar carbono atmosférico (OGAYA & PEÑUELAS, 2003). La eficiencia en el uso del agua en los bosques mediterráneos disminuirá con la sequía y el balance del carbono tenderá a hacerse positivo (el bosque se vuelve fuente de CO₂) no sólo durante el verano, sino también en años secos y cálidos (GRACIA & *al.*, 2001). El papel de las formaciones forestales como sumideros de carbono puede verse seriamente comprometido durante las próximas décadas.

1.7 Aumento de la emisión de compuestos orgánicos volátiles

La temperatura incrementa exponencialmente la emisión de compuestos orgánicos volátiles (p.e. isopreno, terpenos, etc.) al activar su síntesis enzimática y disminuir la resistencia a la emisión, si bien hay que tener en cuenta que la sequía tiende a reducir estas emisiones al disminuir la disponibilidad de carbohidratos y la permeabilidad de la cutícula al intercambio gaseoso.

Dichos compuestos orgánicos volátiles pueden incrementar el ozono troposférico, así como re-
troalimentar positivamente el calentamiento de la atmósfera a través de su efecto invernadero

directo, al absorber la radiación infrarroja, e indirecto, al alargar la vida del metano y de otros gases invernadero (PEÑUELAS & LLUSIA, 2003).

1.8 Incremento del impacto de las perturbaciones

En ecosistemas sometidos a estrés por el cambio climático todas las perturbaciones tendrán un impacto creciente. La mayor frecuencia de perturbaciones episódicas, como las sequías intensas, en combinación con perturbaciones crónicas como la herbivoría, van a acelerar la degradación de la vegetación mediterránea y acelerar los procesos de erosión (ZAMORA & *al.*, 2004). Asimismo, la evolución climática hacia extremos más cálidos y áridos, con un incremento de biomasa combustible y de su inflamabilidad, incrementará la intensidad y frecuencia de incendios forestales reestructurando el equilibrio del carbono. Por otra parte, la diferente capacidad de respuesta de las especies vegetales a estos cambios en el régimen de incendios determinará en buena medida la alteración de la composición y estructura de los ecosistemas.

Aunque algunas comunidades vegetales mediterráneas podrían haber evolucionado con la presencia recurrente de incendios como presión selectiva, hasta el punto de llegar a ser el fuego un elemento inherente al sistema, el aumento de la frecuencia de incendios como consecuencia del cambio climático tendrá efectos negativos sobre la biodiversidad y estructura de estas comunidades. Así, es previsible que el aumento de la frecuencia de incendios aumente la expansión de especies netamente germinadoras y heliófilas e intolerantes a la sombra, tales como cistáceas y labiadas, y disminuya la presencia de especies rebrotadoras y esciófilas, forzando a las comunidades hacia estadios sucesionales pioneros (TERRADAS, 1996).

Los eventos climáticos extremos como sequías intensas y olas de calor van a dejar efectos profundos en los ecosistemas actuando como filtro selectivo para aquellas especies con escasa tolerancia al estrés hídrico. A pesar de la aparente recuperación de las coberturas arbóreas tras largas sequías, existen indicios de que las secas generalizadas dejan secuelas persistentes pudiendo acelerar cambios estructurales a nivel de comunidad (VALLADARES & *al.*, 2004).

2. Análisis de impactos según los tipos de vegetación

Las zonas y los ecosistemas terrestres españoles más vulnerables al cambio climático son los ecotonos, o zonas de contacto entre dos o más sistemas, y las islas en sentido amplio (incluyendo tanto ecosistemas aislados como las zonas de alta montaña, así como las islas edáficas del tipo de yesares o saladares). No todas las especies de un ecosistema determinado son igualmente vulnerables frente al cambio climático, p.e. en los pastizales de alta montaña del Pirineo catalán son los componentes boreo-alpinos los más afectados por el calentamiento global (SEBASTIÁ & *al.*, 2004).

Los ecotonos son vulnerables por su gran sensibilidad a las condiciones ambientales. Por otra parte, dada la fragmentación del territorio, cualquier tensión climática que se ejerza sobre un ecotono no siempre podrá aliviarse con el traslado del mismo a otras zonas, al estar dicha movilidad muy restringida en la práctica.

Las zonas de contacto entre regiones biogeográficas, en particular la zona de transición entre la región mediterránea y la atlántica o eurosiberiana, se verán afectadas también de un modo rápido por el cambio climático, el cual incrementará la extensión de la primera a expensas de la segunda. Los quejigares de *Quercus faginea* y los rebollares de *Q. pyrenaica* se extenderán a expensas de robledales de *Q. robur* y/o *Q. petraea* y de otros bosques atlánticos, y los fragmentos aislados y relicticos de estos últimos que quedan dispersos en rincones del Sistema Central (Peña de Francia, Gredos, Guadarrama, Ayllón), Ibérico (Alto Tajo, Serranía de Cuenca) o Cordilleras Béticas (Cazorla, Alcaraz) tenderán a disminuir e incluso desaparecer. Las transiciones entre matorrales y formaciones arboladas sufrirán de forma análoga una expansión de los primeros a costa de los segundos.

A continuación se describen de forma más detallada los impactos previsibles del cambio climático sobre la biodiversidad de las grandes formaciones vegetales españolas en función de su estructura, considerando sólo los tipos representados en Castilla-La Mancha.

2.1 Vegetación de alta montaña

Los niveles suprasilvicos de alta montaña comprenden diversos tipos de vegetación herbácea y arbustiva adaptados a periodos de actividad vegetativa cortos, fríos intensos, coberturas variables de nieve y suelos marcados por la alta energía erosiva del relieve. El aislamiento geográfico y la especificidad de estos medios han promovido su riqueza en endemismos y, en el caso de las montañas ibéricas, en táxones en final de área meridional.

La estrecha vinculación de estas comunidades con los climas de alta montaña y los suelos geliturados hace que un calentamiento generalizado del clima les sea muy desfavorable. La expansión de la vegetación leñosa (arbustos en los pisos criorotemplado y crioromediterráneo, árboles en los niveles medios del orotemplado y oromediterráneo), acompañada de flora herbácea que en la actualidad tiene su óptimo en niveles altitudinales inferiores, actuaría reduciendo el área disponible para la vegetación de alta montaña y alterando su composición, sobre todo en lo que se refiere a los pastos psicroxerófilos y quionófilos, a la vez que se incrementará la fragmentación de estas comunidades. En cumbres que no superan los 2300-2400 m de altitud cabe esperar reducciones y desnaturalizaciones muy considerables de los hábitats culminícolas, al disminuir las situaciones de refugio en topografías particulares: crestas, neveros, canchales, etc.

El previsible descenso de la innivación, tanto en términos de precipitación en forma de nieve como de permanencia de la cobertura nival, determinará retrocesos en todos los tipos de vegetación quionófilos, tales como los cervunales de *Nardus stricta* y los pastizales quionófilos de sustratos calcáreos que desaparecerán de las cotas más bajas que ocupan. Riesgos similares amenazan a los cervunales higroturbosos y a las turberas de alta montaña, que además de ver reducidos los regímenes de hidromorfía padecerán la aceleración de la mineralización de la materia orgánica inducida por el calentamiento.

En el ámbito castellano-manchego son previsibles efectos perjudiciales serios sobre las comunidades vegetales existentes en las cumbres de la Sierra de Ayllón por encima de 2000 m de altitud (Pico del Lobo y estribaciones).

2.2 Bosques

Los bosques constituyen la vegetación potencial de la mayor parte de España, exceptuando los territorios semiáridos peninsulares y los áridos y desérticos canarios (COSTA & *al.*, 1998). La diversidad de bosques y sus diferentes exigencias de precipitación y temperatura motivan que las respuestas previsibles frente al cambio climático sean muy diversas.

Los bosques caducifolios son predominantes en los territorios eurosiberianos, adquiriendo también cierta importancia en los enclaves más húmedos de las montañas mediterráneas. Los bosques caducifolios más ombrófilos, como hayedos, robledales, tilares, acerales, abetales mixtos, etc. se verán negativamente afectados por la aridización del clima y el acentuamiento de la sequía estival. Se acepta que en algunos montes del Prepirineo, de la transición castellano-cantábrica, del Sistema Ibérico septentrional y del Sistema Central (Ayllón, Somosierra), los hayedos experimentarán severas contracciones de área que pueden llevarles a la extinción local. Asimismo, se admite que algunos abedulares interiores de *Betula alba* y *B. pendula* subsp. *fontqueri*, y entre ellos los castellano-manchegos de la Sierra de Ayllón, Montes de Toledo y Serranía de Cuenca, podrían correr la misma suerte. Como ya se ha comentado anteriormente, los melojares y quejigares en unas zonas desplazarán a robledales, pero en otras podrán ser desplazados por encinares.

La casuística de los bosques de coníferas es también variada. El calentamiento y la aridización provocarán reducciones en los tipos de alta montaña, como los pinares de pino negro (*Pinus uncinata*), de pino albar (*Pinus sylvestris*) e incluso de pino salgareño (*Pinus nigra*). Sin embargo, en áreas actualmente lluviosas, p.e. los Pirineos, los pinares albares y salgareños podrían beneficiarse de la disminución de las disponibilidades hídricas para ganar terreno a bosques caducifolios exigentes en precipitaciones. Ahora bien, en Castilla-La Mancha los posibles bosques caducifolios a desplazar por estos pinares ocupan escasa superficie en el ámbito del Sistema Ibérico meridional y de las Sierras de Alcaraz-Segura, en cambio ellos mismos serían desplazados

por otros pinos más xerófilos en territorios más amplios, con lo que su ganancia neta superficial sería negativa.

El comportamiento de los sabinas albares (*Juniperus thurifera*) resulta difícil de predecir, ya que por un lado se podría prever una reducción de área frente a la encina por efecto del calentamiento, pero por otra parte la disminución de precipitaciones les puede favorecer frente a la encina o el quejigo. Asimismo, será también variada la respuesta de los pinares xerófilos mediterráneos, pudiendo verse favorecido el pino carrasco (*Pinus halepensis*) en territorios de la mitad oriental peninsular.

En lo que se refiere a la vegetación esclerófila mediterránea, aunque la aridización favorecerá ascensos altitudinales de los encinares a costa de bosques caducifolios, aquéllos pueden experimentar pérdidas netas de territorios debido a la expansión de matorrales propios de ambientes semiáridos. La agudización de síndromes como la “seca” de encinas y alcornoques, frecuente en la actualidad en el cuadrante suroccidental peninsular, será uno de los mecanismos que intervengan en la retracción de los bosques esclerófilos.

2.3 Vegetación arbustiva

Aunque la aridización promoverá la expansión de las estructuras arbustivas y de matorral, más simples y de menores exigencias hídricas que los bosques, en algunas zonas el incremento de productividad primaria bruta impulsado por el calentamiento y reforzado por las concentraciones crecientes de CO₂ favorecerá el desarrollo del arbolado y el desplazamiento sucesional de las comunidades de matorral. La intensificación de ciertas perturbaciones, como los incendios, y el colapso de ciertos bosques afectados por la crisis de sequía, serán procesos favorecedores de la expansión de los matorrales, que en cualquier caso experimentarán notables reajustes en su composición florística y en su distribución.

Las arbustadas caducifolias espinosas, extendidas como orla preforestal de muchos bosques eurosiberianos, en áreas mediterráneas de montaña y en muchas riberas, por sus exigencias hídricas es previsible que sufran regresiones en la mayor parte de su distribución actual, más acentuadas en sus manifestaciones meridionales como las castellano-manchegas y las andaluzas. Lo mismo cabe esperar de ciertas arbustadas esclerófilas exigentes en precipitación como los madroñales.

En cambio, la aridización favorecerá la extensión de las formaciones propias de climas semiáridos y áridos (coscojares, lentiscares, espinales murciano-almerienses, etc.), así como a los matorrales calcícolas en zonas de ombroclima seco (romerales, salviares, espegares, tomillares, etc.).

Entre los matorrales silicícolas, los tipos más ombrófilos (p.e. piornales, escobonales, brezales y jaral-brezales de carácter atlántico e ibero-atlántico) experimentarán reducciones de área en sus límites de distribución actuales. Su retroceso será más fuerte en el cuadrante suroccidental, incluyendo algunos territorios castellano-manchegos como Sierra Morena y Montes de Toledo. Los brezales higroturbosos, priorizados en la Directiva Hábitats, experimentarán las afecciones más severas siendo previsible que registren extinciones locales importantes. Las retracciones sufridas por estos matorrales silicícolas ombrófilos favorecerán a los jarales, que también se beneficiarán de las posibles intensificaciones regionales del régimen de incendios.

2.4 Vegetación herbácea (prados y pastos)

Cabe esperar una reducción de los prados mesofíticos e higrófilos, incluidos los cervunales de montaña media y muchas comunidades megafórbicas de montaña, reducciones más acentuadas en las montañas mediterráneas. Las representaciones finícolas de algunos tipos particulares, como los prados de siega en los sistemas Ibérico y Central, pueden verse desplazadas por prados mejor adaptados al agostamiento, como ballicares y fenalares.

En cambio, algunos tipos de pastos constituidos por gramíneas xerófilas duras cobrarán mayor importancia en las áreas mediterráneas más afectadas por la aridización, es el caso de los atochares (*Stipa tenacissima*), albardinales (*Lygeum spartum*), cerverales (*Brachypodium retusum*), lastonares (*Helictotrichon filifolium*) y berceales (*Stipa gigantea*). No obstante, ciertos pastos duros de exigencias ombrófilas, como los cerrillares de *Festuca elegans* de las montañas mediterráneas ibero-atlánticas, sufrirán reducciones de área potencial e incluso podrán desaparecer de sus reductos oretanos y mariánicos actuales, dentro de territorio castellano-manchego. También es previsible la retracción de diversos tipos de pastizales psicroxerófilos mediterráneos, abundantes en las parameras ibéricas y en las montañas béticas, y marcadamente ligados a climas que promueven procesos de crioturbación en el suelo, procesos que podrían resultar afectados por el calentamiento global.

3. Posibles efectos sobre las comunidades vegetales amenazadas (habitats de protección especial) de Castilla-La Mancha

En los apartados anteriores se ha puesto de manifiesto cómo el cambio climático que se está produciendo va a reducir notablemente la diversidad biológica y va a originar cambios profundos en la distribución de los ecosistemas terrestres y sus comunidades vegetales características. Las altas temperaturas y sequías prolongadas van a potenciar los efectos negativos de incendios forestales, plagas y enfermedades en los montes y van a incrementar el riesgo de

erosión del suelo. Asimismo, se ha comentado la previsible reducción que van a experimentar en Castilla-La Mancha ciertas comunidades vegetales presentes en la región con carácter relictico y en un extremo de su área de distribución: es el caso de determinados bosques caducifolios de clara influencia atlántica como hayedos, tilares, robledales de *Quercus robur* y *Q. petraea*, abedulares, pinares exigentes en ambientes húmedos y fríos como los de *Pinus sylvestris* y *P. nigra* subsp. *salzmannii*; matorrales con óptimo en terrenos eurosiberianos y montañas mediterráneas húmedas tales como arbustedas caducifolias espinosas, piornales, escobonales, brezales, jaral-brezales y brezales higroturbosos; matorrales esclerófilos lauroides como madroñales y mirtales; formaciones herbáceas vivaces de ambientes fríos y con precipitaciones abundantes, muchas de ellas en forma de nieve: cervunales, turberas de alta y media montaña, prados mesofíticos e hidrófilos, prados de siega, comunidades megafórbicas de montaña, etc.

A continuación se hace énfasis en aquellas comunidades vegetales singulares de Castilla-La Mancha, tanto las incluidas en el Anexo I de la Directiva Hábitats (92/43/CEE) como las protegidas a nivel regional bajo la figura de "Hábitat de Protección Especial (HPE)", que podrían resultar más perjudicadas por el cambio climático (MARTÍN-HERRERO & *al.*, 2003). Los hábitats de protección especial son hábitats naturales escasos, limitados por sus especiales condicionantes ecológicos, vulnerables o importantes por su especial aportación a la biodiversidad regional. También se consideran como tales algunos hábitats seminaturales derivados de prácticas ganaderas tradicionales que han dado lugar a comunidades de fauna y flora y paisajes de gran interés, como es el caso de las praderas de diente, prados de siega y dehesas.

La figura de "Hábitat de Protección Especial" está regulada en el Título 5 y el Anejo I de la Ley 9/1999, de 26 de mayo, de Conservación de la Naturaleza (D.O.C.M., 1999). Posteriormente, el Decreto 199/2001, de 6 de noviembre (D.O.C.M., 2001) amplió el catálogo de HPE incluidos en el Anejo I de la Ley 9/1999. De un total de 66 HPE presentes en Castilla-La Mancha, 31 se verían muy afectados por el cambio climático y 5 bastante afectados. Son los siguientes:

3.1 Vegetación zonal. Comunidades arbóreas, arbustivas o sufruticosas

3.1.1 Piornales oro(sub)mediterráneas y piornales de ombroclima húmedo

Comunidades arbustivas integradas por especies de los géneros *Cytisus*, *Genista* y *Adenocarpus* en el piso oro(sub)mediterráneo o en zonas con ombroclima húmedo. Se distribuyen por las zonas más altas de la Sierra de Ayllón (macizo del Pico del Lobo) y del Sistema Ibérico meridional (Valdemeca, Alto Tajo) sobre sustratos silíceos.

3.1.2 Brezales oro(sub)mediterráneos y brezales de ombroclima húmedo

Matorrales orófilos de talla media dominados por ericáceas, a veces acompañadas de genísteas, localizados en el piso orosubmediterráneo o bien el suprasubmediterráneo bajo ombroclima húmedo. Se distribuyen por las partes más elevadas y lluviosas de la Sierra de Ayllón, donde suelen tener el significado de vegetación clímax, así como de la Sierra de Valdemeca. Las facies más orofilas y mesófilas con *Vaccinium myrtillus* serán las más sensibles al cambio climático.

3.1.3 Bosques relícticos de carácter eurosiberiano

Bajo este epígrafe se incluyen un bloque extenso de formaciones arbóreas con óptimo en zonas peninsulares de influencia atlántica y presentes en Castilla-La Mancha con carácter relíctico: abedulares orófilos con serbales, hayedos, robledales albares, tejedas, acebedas, tremolares, tilares, avellanares y acerales. Se distribuyen por la Sierra de Ayllón (Tejera Negra, cabecera del Jarama), Sistema Ibérico meridional (Alto Tajo, Hoz de Beteta, Valdemeca, hoces del Júcar y Trabaque, etc.) y las sierras de Alcaraz y Segura (Almenara, Chorros del Mundo, Peñas del Gallinero, etc.) Algunos de estos bosquetes mesófilos, p.e. abedulares, tilares, robledales de *Quercus robur* y *Q. petraea*, etc. se hallan ya tan restringidos en la región que nuevas reducciones de área los colocarían al borde de la extinción.

3.1.4 Rebollares húmedos ayllonenses, centro-ibéricos, lusoextremadurenses y prebéticos

Representados en enclaves suprasubmediterráneos de la Sierra de Ayllón con ombroclima húmedo, en litologías silíceas del Sistema Ibérico meridional en áreas de ombroclima subhúmedo del piso supra(sub)mediterráneo, en pedrizas cuarcíticas de los pisos meso y supramediterráneo de Sierra Morena y Montes de Toledo y sobre arenas albenses del piso supramediterráneo subhúmedo de la Sierra de Alcaraz. De todos ellos los más sensibles al cambio climático son los mariánicos y oretanos, al hallarse en el límite de sus exigencias ecológicas en cuanto a precipitaciones y temperatura.

3.1.5 Arbustedas caducifolias espinosas submediterráneas

Formaciones arbustivas densas y altas integradas por plantas caducifolias espinosas y productoras de bayas: endrinos, majuelos, arleras, madresevas, etc. Se asientan sobre suelos profundos y arcillosos en laderas de umbría o fondos de valle con óptimo en los pisos supra(sub)mediterráneo y oro(sub)mediterráneo inferior bajo ombroclimas húmedo o subhúmedo. Bien representadas en el Sistema Ibérico meridional y en las sierras de Alcaraz y Segura como sotobosque de quejigares, acerales y bosquetes eurosiberianos. Las facies más húmedas con *Euonymus europaeus*, *Rhamnus cathartica* y *Viburnum opulus* son las más sensibles al cambio climático.

3.1.6 Maquias silíceolas levantinas

Arbustadas altas y densas de hoja perenne con abundancia de madroños, durillos y lentiscos a las que se une *Erica arborea*. Se localizan sobre suelos silíceos de diferente naturaleza en zonas del piso mesomediterráneo con ombroclima subhúmedo: sierras de Mira y Talayuelas (Cu), valle del río Tus (Ab) y madroñal de Alcantud (Cu). Al tratarse de matorrales esclerófilos lauroides son una de las formaciones típicas mediterráneas más sensibles al cambio climático.

3.2 Vegetación zonal. Pastizales

3.2.1 Pastizales psicroxerófilos crioro(sub)mediterráneos

Pastizales vivaces de corta talla dominados por hemicriptófitos graminoides (*Festuca curvifolia*) y caméfitos pulvulares, característicos del piso criorosubmediterráneo ayllonense por encima de 2100 m de altitud (Pico del Lobo), donde llegan a ser vegetación clímax. Ocupan suelos silíceos que manifiestan fenómenos de crioturbación, pero en los que apenas se acumula la nieve, dando lugar a formas en terracillas y guirnaldas. La presencia de plantas boreo-alpinas, en su mayor parte amenazadas, otorga a estas comunidades un particular valor de conservación. Sólo ocupan unas decenas de hectáreas, por lo que la actual tendencia de cambio climático puede eliminar por completo estas comunidades de Castilla-La Mancha, ya que se encuentran en su límite altitudinal inferior.

3.2.2 Pastizales psicroxerófilos oro(sub)mediterráneos silíceolas

Son muy parecidos a los anteriores pero de niveles altitudinales algo más bajos. Se trata de formaciones dominadas por caméfitos pulviniformes y gramíneas cespitosas de porte ralo, características de lugares venteados y expuestos, sobre suelos poco desarrollados afectados por crioturbación frecuente. Pueden constituir un tipo de vegetación permanente o ser una etapa serial de matorrales orófilos. Bien representados en las sierras de Ayllón y Valdemeca y con carácter puntual aparecen en el Alto Tajo (cerro de San Cristóbal, Las Neveras).

3.2.3 Cervunales

Céspedes vivaces densos sobre suelos silíceos y oligótrofos, relativamente profundos, con tendencia a formar turba, y sometidos a hidromorfía temporal o permanente. Ocupan un espectro altitudinal muy amplio, desde el supra al crioromediterráneo. Dominan las especies graminoides cespitosas (*Nardus stricta*, *Danthonia decumbens*, *Luzula multiflora*, *Carex pallescens*, etc.) a las que acompañan hemicriptófitos (*Potentilla erecta*, *Dianthus deltoides*, etc.) y caméfitos reptantes (*Thymus pulegioides*, *Calluna vulgaris*, etc.). Son hábitat prioritario para la Directiva 92/43/

CEE. Aunque todos los cervunales orófilos están seriamente amenazados por la actual tendencia de cambio climático, los existentes en el Sistema Ibérico meridional son más sensibles que los de la Sierra de Ayllón por hallarse en situación finícola.

3.2.4 Praderas de diente mesófilas (trebolares) y prados de siega silicícolas

Las praderas de diente mesófilas silicícolas o trebolares (alianza *Cynosurion cristati*) son formaciones herbáceas vivaces hemcriptofíticas establecidas sobre suelos silíceos o calizos descalcificados con hidromorfía temporal pero no encharcados, en el ámbito del piso suprasubmediterráneo bajo ombroclimas húmedo y subhúmedo. Se desarrollan en las áreas con mayores precipitaciones de la Sierra de Ayllón, siendo los prados más higrófilos (alianza *Calthion*), refugio de numerosas especies atlánticas y centroeuropeas, los más sensibles al cambio climático.

3.2.5 Pastizales psicroxerófilos oro(sub)mediterráneos calcícolas

Pastizales orófilos, de corta talla y abiertos, dominados por gramíneas cespitosas y caméfitos prostrados, que colonizan suelos ricos en bases, poco desarrollados y crioturbados. Los más característicos se desarrollan en laderas de umbría de las zonas más elevadas del Sistema Ibérico meridional, tanto en repisas como escarpes rocosos o bajo cubierta de *Pinus sylvestris*, y en su composición entran *Festuca gautieri*, *Oreochloa confusa*, *Ononis striata*, *Bupleurum ranunculoides* subsp. *gramineum*, etc., especies de óptimo pirenaico-maestracense, por lo que son muy sensibles al cambio climático.

3.2.6 Praderas de diente mesófilas submediterráneas y prados de siega calcícolas

Las praderas de diente mesófilas calcícolas se desarrollan sobre suelos frescos, poco profundos y no hidromorfos, arcillosos o limo-arcillosos, mesótrofos (arenas caoliníferas albenses) o éutrofos (margas calizas o dolomías). Se localizan en los pisos suprasubmediterráneo y orosubmediterráneo, con ombroclimas subhúmedo y húmedo, en la Sierra de Pela (Guadalajara) y en el Sistema Ibérico meridional. Dada su exigencia en precipitaciones son muy vulnerables a la limitación de las mismas asociadas al cambio climático.

3.3 Vegetación azonal. Comunidades higrófilas y acuáticas

3.3.1 Abedulares riparios

Comunidades higrófilas formadas por abedules asociados a cursos de agua corriente o zonas con hidromorfía edáfica, silicícolas, desde el piso mesomediterráneo subhúmedo hasta el suprasubmediterráneo y orosubmediterráneo inferior húmedo. Se distribuyen por la Sierra de Ayllón

(GU) y Sierra de Riofrío (CR) con representación puntual sobre enclaves tobáceos del Sistema Ibérico meridional (Peñalén, Solán de Cabras). Por tratarse de un hábitat de óptimo atlántico-medioeuropeo con presencia relíctica en Castilla-La Mancha, se considera que el cambio climático es el factor que más amenaza su supervivencia.

3.3.2 Alisedas

Bosques riparios con *Alnus glutinosa* sobre suelos silíceos que forman una banda de vegetación a orillas de los cauces, sometidos a crecidas frecuentes, en los pisos meso y supra(sub)mediterráneo, por debajo de 1200 m de altitud. Hay buena representación en la Sierra de Ayllón (ríos Bornova, Jarama y Sorbe), en los ríos de influencia guadarrámica de Toledo (Tiétar, Alberche) y en la parte occidental de los territorios luso-extremadurenses (Montes de Toledo y Sierra Morena). Constituyen un importante refugio para plantas de óptimo atlántico o eurosiberiano (*Osmunda regalis*, *Hypericum androsaemum*, *Carex laevigata*, etc.) de apetencias muy higrófilas, por lo que estas comunidades son muy sensibles al cambio climático.

3.3.3 Loreras

Formaciones de *Prunus lusitanica* acompañadas de otras plantas lauroides mediterráneas (*Arbutus unedo*, *Viburnum tinus*) y algunas especies eurosiberianas (*Hypericum androsaemum*, *Ilex aquifolium*), propias de cañones fluviales encajados con gran humedad ambiental por debajo de 950 m de altitud. Se consideran reliquias de la flora lauroides terciaria que cubrió el suroeste del continente europeo con anterioridad a las glaciaciones y al posterior establecimiento de la flora mediterránea. La escasa representación existente de estas comunidades en Castilla-La Mancha (nacimiento del río Gévalo en Robledo del Mazo (TO) y barranco de las Urraleras en el Parque Nacional de Cabañeros) podría desaparecer al aumentar la sequedad ambiental.

3.3.4 Tamujares

Comunidades espinosas de *Securinega tinctoria* que ocupan las llanuras de inundación de ríos y arroyos luso-extremadurenses con marcada estacionalidad. Se consideran etapas seriales de fresnedas y alisedas sobre cauces guijarrosos silíceos. El cambio climático podría originar que en algunos cauces sobre los que se asientan dejara de circular el agua, ni siquiera temporalmente, con lo que la superficie de estas formaciones endémicas del SO de la península Ibérica se reduciría notablemente.

3.3.5 Brezales higrófilos de *Erica arborea*, *E. scoparia* o *E. lusitanica*

Ocupan vaguadas húmedas, bordes de arroyos y fondos de valles encajados sobre sustratos silíceos. Los brezales higrófilos de *Erica arborea* tienen su óptimo en la Sierra de Ayllón (GU), los

de *E. lusitanica* en Montes de Toledo, Montes Norte de Ciudad Real y Sierra Morena y los de *E. scoparia* en el NO de Toledo (río Guadyerbas, Campo Arañuelo). Por tratarse de comunidades higrófilas son muy vulnerables a las alteraciones de su hábitat que afecten al balance hídrico, por lo que resultan muy perjudicadas por el cambio climático.

3.3.6 Brezales higroturbosos

Matorrales formados por *Erica tetralix* y *Genista anglica* integrantes de los complejos de vegetación asociados a las turberas ácidas. Se hallan sobre suelos turbosos silíceos tanto en zonas de descarga de acuíferos como en depresiones y vaguadas mal drenadas, preferentemente en el ámbito de los pisos meso y supra(sub)mediterráneo con ombroclimas subhúmedo a húmedo. Se localizan en la Sierra de Ayllón y Montes Norte de Ciudad Real y de forma puntual en Montes de Toledo y Sierra Morena. Constituyen importantes refugios para plantas de distribución atlántica y medioeuropea en ambientes mediterráneos, y son hábitat prioritario en la Directiva 92/43/CEE. A medio y largo plazo se consideran muy amenazados por las actuales tendencias del cambio climático.

3.3.7 Juncales higroturbosos silicícolas

Juncales higrófilos con *Juncus acutiflorus*, *J. conglomeratus*, *J. effusus*, *Carum verticillatum*, *Lotus uliginosus*, *Ranunculus flammula*, etc. localizados sobre suelos silíceos con encharcamiento permanente, desde el piso meso al oro(sub)mediterráneo bajo ombroclimas subhúmedo o húmedo. Se distribuyen por la Sierra de Ayllón, Montes Norte de Ciudad Real, Montes de Toledo y Sierra Morena, con representación puntual en enclaves silíceos del Sistema Ibérico meridional. Suelen formar mosaico con turberas y cervunales siendo refugio de plantas higrófilas netamente eurosiberianas, siendo previsible que su superficie se reduzca considerablemente en la zona de Sierra Morena y Montes de Toledo con el cambio climático.

3.3.8 Turberas ácidas

Conocidas también como tremadales o bonales. Ecosistemas higrófilos en los que la acidez de las aguas, las condiciones anaerobias del suelo y las bajas temperaturas dificultan la mineralización de la materia orgánica que se acumula en forma de turba, se localizan desde el piso meso al orosubmediterráneo bajo ombroclimas subhúmedo y húmedo. Las mejor conformadas se hallan en la Sierra de Ayllón y llevan *Carex echinata*, *C. nigra*, *C. demissa*, *C. panicea*, *Drosera rotundifolia*, *Viola palustris*, *Erica tetralix*, *Menyanthes trifoliata*, etc. También las hay en el Sistema Ibérico meridional, Montes de Toledo, Montes Norte de Ciudad Real y Sierra Morena; siendo estas últimas las más vulnerables a la actual tendencia de cambio climático. Las turberas son hábitat prioritario de la Directiva 92/43/CEE.

3.3.9 Turberas calcáreas

Ocupan enclaves higroturbosos mal drenados sobre sustratos básicos, donde a la acumulación de turba se superpone la precipitación de carbonato cálcico. Se localizan en ambientes fríos, dentro de los pisos suprasubmediterráneo superior y orosubmediterráneo bajo ombroclimas subhúmedo o húmedo. Se distribuyen por el Sistema Ibérico meridional y Sierra de Pela (Guadalajara). En su composición entran *Carex davalliana*, *C. mairii*, *C. lepidocarpa*, *Eriophorum latifolium*, *Pinguicula vulgaris*, *Triglochin palustris*, *Eleocharis quinqueflora*, etc. Al igual que las anteriores son muy vulnerables al cambio climático.

3.3.10 Prados higrófilos de *Molinia caerulea*

Comunidades higrófilas de *Molinia caerulea* con *Deschampsia hispanica*, *D. caespitosa*, *Succisa pratensis*, *Sanguisorba officinalis*, cuando se establecen sobre rocas mesozoicas y con especies de la clase *Nardetea strictae* cuando los terrenos son paleozoico-precámbricos. Pueden aparecer desde el piso mesomediterráneo hasta el orosubmediterráneo inferior. Se distribuyen por diferentes enclaves del Sistema Ibérico meridional, Sierra de Ayllón, Montes de Toledo, Montes Norte de Ciudad Real y Sierra Morena, siendo los de las últimas zonas los más sensibles al cambio climático.

3.3.11 Comunidades de rezumaderos carbonatados

Comunidades de óptimo mediterráneo asentadas sobre afloramientos de aguas carbonatadas, tanto en laderas y fondos de valle como en bordes de ríos que discurren sobre sustratos tobáceos. En ellas abundan especies propias de juncales del orden *Holoschoenetalia* y de los pajonales de *Molinieta*: *Schoenus nigricans*, *Juncus subnodulosus*, *Sonchus maritimus*, *Lysimachia ephemerum*, *Senecio doria*, *Molinia caerulea*, *Cirsium pyrenaicum*, etc. Tienen su óptimo en el Sistema Ibérico meridional y en las sierras de Alcaraz y Segura. Las existentes en la Alcarria y Campo de Montiel por hallarse en su límite ecológico son las más vulnerables al cambio climático.

3.3.12 Masegares

Formaciones helofíticas con *Cladium mariscus* establecidos sobre suelos turbosos inundados la mayor parte del año, con sustratos ricos en calcio. Forman bandas estrechas en las orillas de lagunas cársticas (Ruidera, Ojos de Villaverde, Taravilla, Somolinos) o colonizan amplias superficies en zonas de aguas someras (Tablas de Daimiel). Constituyen un tipo de vegetación palustre representativa de los marjales mediterráneos y son más exigentes que otras formaciones helofíticas (carrizales, espadañares, cañaverales) en lo que se refiere a la calidad del agua y la estabilidad del nivel hídrico, por lo que son muy vulnerables ante el cambio climático. Son hábitat prioritario de la Directiva 92/43/CEE.

3.3.13 Comunidades riparias y palustres de grandes cárices amacollados

Formaciones herbáceas vivaces de gran talla establecidas en bordes de ríos y arroyos, lagunas y zonas palustres, sobre suelos inundados o encharcados de forma prolongada. Las comunidades palustres (*Magnocaricion elatae*) tienen su óptimo en los territorios atlántico-centroeuropeos, y las riparias (*Caricion broteriana*) en los ibérico-occidentales. Son plantas características: *Carex elata* subsp. *elata*, *C. broteriana*, *C. paniculada* subsp. *lusitanica*, *C. acutiformis*, *C. riparia*, *Lysimachia vulgaris*, *Butomus umbellatus*, etc. Las comunidades riparias tienen su óptimo en ríos de la Sierra de Ayllón (Jarama, Sorbe), Montes de Toledo y Sierra Morena, las palustres en bordes de lagunas cársticas (Uña, Tobar, Marquesado, Somolinos, Taravilla, Ruidera, Ojos de Villaverde y El Arquillo). La reducción de los periodos de inundación o encharcamiento, asociada a una disminución de precipitaciones, pudiera originar la extinción de estas comunidades en zonas de su límite ecológico como Montes de Toledo y Sierra Morena.

3.3.14 Comunidades megafórbicas de aguas frías

Comunidades de grandes hierbas desarrolladas en márgenes de cursos de agua o prados cenagosos, sobre suelos ricos en nutrientes, en enclaves suprasubmediterráneos y orosubmediterráneos húmedos y frescos. Llevan *Filipendula ulmaria*, *Aconitum napellus*, *Lysimachia vulgaris*, *Angelica sylvestris*, *Valeriana officinalis*, etc. Se hallan en las cabeceras de algunos ríos de la Sierra de Ayllón (Jarama, Eremito, Zarza, Pelagallinas, etc.), así como en enclaves húmedos del Sistema Ibérico meridional (Laguna del Marquesado, cabecera del Júcar, prados húmedos de Zafrilla). Son muy sensibles a la disminución de precipitaciones asociadas a la tendencia de cambio climático.

3.3.15 Comunidades megafórbicas de montaña

Formaciones de grandes plantas herbáceas propias de ambientes eurosiberianos que en la región mediterránea se refugian en grietas de rocas umbrosas donde se acumula humus y en las orillas de manantiales de zonas frías, en el ámbito de los pisos suprasubmediterráneo y orosubmediterráneo. Son plantas características: *Paris quadrifolia*, *Trollius europaeus*, *Aconitum vulparia*, *Lilium martagon*, *Geranium sylvaticum*, *Actaea spicata*, etc. Se presentan de forma fragmentaria y relíctica en zonas frescas, húmedas y umbrosas de la Sierra de Ayllón y del Sistema Ibérico meridional. Por tratarse de comunidades acantonadas en enclaves que tienen unas condiciones ecológicas muy definidas y excepcionales en el ámbito mediterráneo, es muy probable su extinción si continúa la actual tendencia del cambio climático.

3.3.16 Vegetación anfibia vivaz oligótrofa de aguas frías

Comunidades establecidas sobre aguas dulces estancadas o poco fluyentes sobre suelos turbosos pobres en bases. Especies características: *Littorella uniflora*, *Baldellia ranunculoides*, *Eleocharis acicularis*, *Elatine hexandra*, *Hypericum elodes*, *Veronica scutellata*, etc. Se hallan en territorios luso-extremadurenses y en rañas de la Sierra de Ayllón (lagunas de Puebla de Beleña). Son refugio de plantas de óptimo atlántico y se considera que la actual tendencia de cambio climático está acelerando el proceso de extinción de sus componentes más singulares.

3.3.17 Comunidades anfibias de humedales estacionales oligotróficos

Comunidades anuales mediterráneas de charcas estacionales sobre sustratos silíceos en depresiones con inundación prolongada. Plantas características: *Preslia cervina*, *Eryngium corniculatum*, *E. galioides*, *Sisymbrella aspera*, *Baldellia ranunculoides*, *Isoetes setaceum*, etc. Tienen su mejor representación en lagunas y charcas estacionales de Toledo y Ciudad Real. Son hábitat prioritario en la Directiva 92/43/CEE. El principal peligro que amenaza a estas comunidades es la roturación y cultivo de las cubetas y depresiones que ocupan durante los años de precipitación baja y encharcamiento reducido o nulo, peligro que se acentúa con la actual tendencia del cambio climático.

3.3.18 Comunidades anfibias de humedales estacionales mesotróficos

Comunidades similares a las del apartado anterior, pero asentadas sobre suelos básicos, mesótrofos o ligeramente eútrofos, sin concentraciones salinas notorias. Especies características: *Lythrum tribracteatum*, *L. baeticum*, *L. flexuosum*, *Teucrium aristatum*, *Centaureum pulchellum*, etc. Se hallan en pequeñas charcas y cubetas en diversos enclaves de las provincias de Guadalajara, Cuenca, Albacete y Ciudad Real. Son también hábitat prioritario en la Directiva 92/43/CEE. El cambio climático puede estar reduciendo los periodos de encharcamiento que aprovechan para su desarrollo, favoreciendo también la ocupación agrícola de las cubetas secas.

3.4 Vegetación azonal. Comunidades rupícolas y glerícolas

3.4.1 Comunidades de paredones rezumantes y tobas húmedas

Formaciones situadas en paredones, roquedos o taludes donde rezuman regularmente aguas bicarbonatadas que tienden a precipitar carbonato cálcico, que forma concreciones y tobas. Se sitúan en exposiciones sombrías con humedad ambiental, en los pisos meso y supra(sub)mediterráneo. Plantas características: *Adiantum capillus-veneris*, *Pinguicula mundi*, *P. vallisnerifolia*, *P. vulgaris*, *Samolus valerandii*, *Sonchus maritimus*, *Cochlearia glastifolia*, *Eupatorium cannabinum*, etc. Frecuentes en el Sistema Ibérico meridional y sierras de Alcaraz y Segura (Los Chorros

del Mundo). Se trata de comunidades extraordinariamente frágiles por su peculiar ecología, muy sensibles a la sobreexplotación y disminución de caudal de acuíferos y manantiales, por lo que resultan particularmente vulnerables al cambio climático.

3.5 Vegetación azonal. Comunidades halófilas

Aunque, en principio, el efecto perjudicial del cambio climático sobre las comunidades halófilas no es previsible que sea tan intenso como en las comunidades tratadas en apartados anteriores, dado que la mayoría de ellas se hallan en zonas altitudinalmente bajas y están adaptadas a soportar temperaturas altas, algunas de ellas podrían verse perjudicadas por la reducción de los periodos de encharcamiento de los suelos salinos y de su grado de hidromorfía. Entre ellas cabría citar las siguientes:

- Tarayales halófilos.
- Albardinales salinos y formaciones salinas de *Limonium*.
- Matorrales halófilos crasicaules.
- Juncales salinos.
- Praderas salinas de *Puccinellia*.

4. Impacto sobre la flora amenazada de Castilla-La Mancha

Castilla-La Mancha cuenta con un Catálogo Regional de Especies Amenazadas (CREA), creado por el Decreto 33/1998, de 5 de mayo (D.O.C.M., 1998) y modificado por el Decreto 2000/2001, de 6 de noviembre (D.O.C.M., 2001), que incluye 434 táxones de flora: 12 en la categoría de “En peligro de extinción”, 139 en la categoría “Vulnerable” y 283 en la categoría “De Interés Especial”. Dichas categorías de amenaza se han establecido aplicando los criterios de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.

Con independencia de la categoría de amenaza otorgada a cada especie en el CREA en función de su distribución geográfica y grado de abundancia, la mayoría de las especies incluidas en el mismo se hallan en alguno de los siguientes cuatro bloques (HERRANZ & MARTÍN HERRERO, 2002):

- 4.1. Especies endémicas regionales o casi endémicas.
- 4.2. Especies de amplia distribución presentes en Castilla-La Mancha con carácter marginal o relíctico.
- 4.3. Especies indicadoras y fieles características de hábitats raros y valiosos.
- 4.4. Especies arbóreas o arbustivas que desempeñan un importante papel ecológico y paisajístico en los ecosistemas forestales de la región.

A lo largo del apartado IV se han puesto de manifiesto las comunidades vegetales de la región que van a resultar muy perjudicadas por el cambio climático, pudiendo llegar a desaparecer muchas de ellas. Obviamente, aquellas comunidades que se extingan lo harán con sus especies integrantes, una mayoría de las cuales figuran en el CREA. A continuación, dentro de cada uno de los cuatro bloques indicados anteriormente, se indican las especies amenazadas que pueden llegar a desaparecer de la región por efecto del cambio climático hacia mitad del siglo actual así como aquellas que verán reducida su área de ocupación, y/o número de poblaciones, y/o número de individuos.

4.1 Especies endémicas regionales o casi endémicas (con distribución incluida en gran medida en el territorio regional).

4.1.a. Extinción probable: *Antirrhinum subbaeticum*, *Succisella andreae-molinae*.

4.1.b. Restricción de área y/o efectivos poblacionales: *Coincya rupestris* subsp. *rupestris*, *C. rupestris* subsp. *leptocarpa*, *Vella pseudocytisus* subsp. *pseudocytisus*, *Narcissus alcaracensis*, *N. muñozii-garmendiae*, *Pinguicula mundi*, *Limonium thiniense*, *L. carpetanicum*, *L. costae*, *L. erectum*, *L. longibracteatum*, *Anthyllis rupestris* y *Helianthemum polygonoides*.

4.2 Especies de amplia distribución presentes en Castilla-La Mancha con carácter marginal o relictico.

4.2.a. Extinción probable: *Actaea spicata*, *Convallaria majalis*, *Lilium martagon*, *Paris quadrifolia*, *Pyrola minor* y *Phyllitis scolopendrium*, entre las relicticas eurosiberianas, y *Drosophyllum lusitanicum*, *Teline linifolia*, *T. monspessulana* e *Hypericum androsaemum* entre las relicticas de zonas de influencia atlántica.

4.2.b. Restricción de área y/o efectivos poblacionales: *Betula pendula*, *B. alba*, *Fagus sylvatica*, *Prunus padus*, *Fraxinus excelsior*, *Quercus robur*, *Q. petraea*, *Ilex aquifolium*, *Taxus baccata*, *Sorbus aucuparia*, *Tilia platyphyllos*, *Populus tremula*, *Ulmus glabra*, *Euonymus europaeus*, *Daphne mezereum*, *Ribes alpinum*, *Viburnum opulus*, *Aconitum napellus*, *Angelica sylvestris*, *Astrantia major*, *Polygonum bistorta*, *Pyrola chlorantha*, *Streptopus amplexifolius*, *Polystichum aculeatum*, *P. lonchitis*, *Dryopteris carthusiana*, *Gymnocarpium dryopteris*, *Equisetum hyemale*, *Orthilia secunda*, *Primula farinosa*, *Scrophularia alpestris* y *Trollius europaeus*, entre las relicticas eurosiberianas; *Prunus lusitanica*, *Quercus canariensis*, *Erica lusitanica*, *Erica tetralix*, *Myrica gale*, *Adenocarpus argyrophyllus*, *Cytisus arboreus* subsp. *baeticus*, *Osmunda regalis*, *Scrophularia oxyrhyncha*, *Scilla ramburei* y *Narcissus hispanicus*, entre las relicticas de zonas de influencia atlántica; y *Fraxinus ornus*, *Erica terminalis* y *Narcissus radinganorum* entre las relicticas de la subprovincia corológica Catalana-Valenciana.

En líneas generales, este bloque va a resultar particularmente sensible a los efectos de la tendencia de cambio climático, al estar integrado por especies que tienen sus óptimos climáticos en zonas con condiciones más lluviosas, con mayor humedad ambiental y con temperaturas medias algo más bajas pero al mismo tiempo más suaves (sin fuertes heladas) que las imperantes en Castilla-La Mancha. De hecho a lo largo de las dos últimas décadas hemos podido apreciar cómo se ha reducido notablemente el tamaño de las poblaciones de algunas especies en enclaves aislados de todo tipo de influencia humana, es el caso de *Pyrola minor*, *Paris quadrifolia*, *Trollius europaeus* en zonas del Alto Tajo y de *Phyllitis scolopendrium*, *Teline monspessulana* y *Aconitum napellus* en las sierras de Alcaraz y Segura.

4.3 Especies indicadoras y fieles características de hábitats raros y valiosos, importantes para la conservación de la biodiversidad regional.

4.3.a. Extinción probable. Dentro de este bloque podrían llegar a desaparecer de la región un grupo de especies características de comunidades herbáceas higrófilas, catalogadas como vulnerables en la actualidad: *Cirsium rosulatum*, *Genciana cruciata*, *G. pneumonanthe*, *Swertia perennis*, *Scorzonera humilis*, *Achillea pyrenaica* y *Botrychium lunaria*. Lo mismo podría suceder con un grupo de especies rupícolas que habitan en repisas y grietas umbrosas y húmedas si les disminuyeran sensiblemente los aportes hídricos: *Anthyllis ramburii*, *Bupleurum bourgaei*, *Geranium cataractarum*, *Gypsophila montserratii* y *Trisetum velutinum*, en roquedos calizos, y *Coincya longirrostra* en roquedos silíceos; así como con algunas especies de humedales: *Marsilea batardae* y *M. strigosa*.

4.3.b. Restricción de área y/o efectivos poblacionales: *Utricularia australis*, *Apium repens*, *Butomus umbellatus*, *Littorella uniflora*, *Lythrum flexuosum*, *Menyanthes trifoliata*, entre las propias de humedales de diferentes tipologías; *Drosera rotundifolia*, *Eriophorum angustifolium*, *Rhynchospora alba*, *Carex echinata*, *C. nigra*, *Eleocharis multicaulis*, *Viola palustris*, entre las especies propias de turberas ácidas; *Carex davalliana*, *C. sylvatica*, *Eriophorum latifolium*, *Pinguicula vulgaris*, *Parnassia palustris*, entre las propias de turberas calcáreas, *Dactylorhiza incarnata*, *D. elata*, *D. maculata*, *Erica erigena*, *Thalictrum flavum*, *Centaurea debeauxii* subsp. *nevadensis*, *Filipendula ulmaria*, *Mentha arvensis*, *M. verticillata*, *Listera ovata*, *Sanguisorba officinalis*, *Pedicularis schyzocalyx*, *Ophioglossum azoricum* y *O. vulgatum*, entre las integrantes de comunidades herbáceas higrófilas; *Erica cinerea*, *Campanula herminii*, *Pedicularis sylvatica*, *Vaccinium myrtillus*, *Viola montcaunica* y *Meum athamanticum*, entre las especies propias de cervunales y/o brezales húmedos; *Genista tinctoria*, *Lobelia urens*, *Lychnis flos-cuculi* y *Serapias cordigera*, entre las especies propias de juncuales higrorubrosos silicícolas; *Doronicum carpetanum*, *Aconitum vulparia*, *Geranium sylvaticum* y *Valeriana officinalis*, entre las especies propias de comunidades megafórbicas de montaña; *Epilobium angustifolium*, *Gentiana lutea* y *Laserpitium latifolium*, entre las integrantes de comunidades de gleras oromediterráneas, *Armeria caespitosa*, *Minuartia recurva*,

Silente ciliata, *Persicaria alpina* y *Plantago alpina*, entre las especies integrantes de pastizales silícícolas oromediterráneos; y *Senecio auricula*, *Arthrocnemum macrostachyum*, *Sarcocornia fruticosa*, *S. perennis*, *Microcnemum coralloides* y *Artemisia caerulescens*, entre las especies características de saladares.

4.4 Especies arbóreas o arbustivas que desempeñan un importante papel ecológico y paisajístico en los ecosistemas forestales de la región.

Este bloque incluye un grupo de especies importantes para el mantenimiento de la biodiversidad regional, pero que no suelen ser objeto de aprovechamientos forestales importantes ni se hallan tan amenazadas como las especies arbóreas mencionadas en los apartados anteriores, por lo que figuran en el CREA dentro de la categoría "De interés especial". Aunque no es probable que se produzcan extinciones, puede haber varias especies que vean reducida notoriamente su área de distribución desapareciendo de muchas de sus localidades actuales en cuanto disminuyan un poco las precipitaciones, es el caso de: *Acer granatensis*, *A. monspessulanum*, *Corylus avellana*, *Alnus glutinosa*, *Malus sylvestris*, *Prunus avium*, *P. mahaleb*, *Pyrus bourgaeana*, *P. communis*, *Sorbus aria*, *S. latifolia*, *S. domestica*, *Sorbus torminalis*, *Teline patens*, *Rhamnus alpina*, *Coronilla glauca*, *Colutea brevialata*, *C. hispanica* y *C. atlantica*.

En síntesis, considerando los apartados 4.1. a 4.4., al menos un total de 165 especies podrían desaparecer o ver reducidas sensiblemente sus áreas de distribución geográfica actual, su número de poblaciones y/o su número de individuos, hacia mitad del siglo actual, en el ámbito geográfico de la región de Castilla-La Mancha, si no se frena la actual tendencia de cambio climático, por lo que es urgente tomar medidas correctoras. Aún así, con el escenario futuro más benigno de emisiones de gases de efecto invernadero, se prevé un aumento del dióxido de carbono atmosférico desde las 380 ppm actuales hasta las 520 ppm, con lo que las temperaturas medias seguirán aumentando algo en relación con las actuales y las precipitaciones anuales disminuyendo, lo que implica que muchas de las especies más amenazadas de entre las indicadas anteriormente pueden terminar extinguiéndose de la región.

5. Medidas recomendables de adaptación y posible mitigación

Aunque la gestión y aprovechamiento ordenado de las comunidades vegetales no puede conseguir frenar la disminución de precipitaciones e incremento de temperaturas asociados a la tendencia de cambio climático, un adecuado manejo de las masas forestales y comunidades vegetales, que garantice su sostenibilidad, así como la regulación de determinadas actividades

con incidencia en el medio natural pueden contribuir eficazmente a mitigar los efectos perjudiciales de dicha tendencia.

Así, en formaciones arbóreas que dan cobijo a especies eurosiberianas, atlánticas o submediterráneas presentes en la región castellano-manchega con carácter relíctico, la conservación de estas especies singulares se puede favorecer manteniendo las condiciones nemorales que precisan en el sotobosque. Para ello, en los bosques que habitan (p.e. diferentes tipos de bosques relícticos eurosiberianos como hayedos, robledales albares, tilares, abedulares, etc.; rebollares húmedos ayllonenses; loreras, etc.) no deberán realizarse otros aprovechamientos de leñas o madera que los derivados de una selvicultura exclusivamente dirigida a su mejora. Si son absolutamente necesarios, los clareos y claras no deben suponer una apertura sensible en la espesura del bosque. En estas masas debe de haber una regulación estricta del pastoreo así como de los aprovechamientos cinegéticos con caza mayor.

La conservación de determinadas comunidades vegetales higrófilas y de sus especies integrantes (p.e. turberas, cervunales, brezales higrófilos, brezales higroturbosos, juncales higroturbosos silicícolas, etc.), dados sus particulares requerimientos en humedad edáfica y su fragilidad frente a drenajes, captaciones de agua o cualquier otra alteración de la dinámica del agua en el suelo y subsuelo, exige el mantenimiento de los balances y equilibrios de humedad. En el caso de determinadas comunidades riparias (alisedas, abedulares riparios, galerías fluviales, etc.) su conservación requiere extremar la regulación de una serie de actuaciones con incidencia en las riberas: encauzamientos, dragados, canalizaciones, construcción de embalses y explotaciones de gravas y áridos.

Asimismo, deberá efectuarse una regulación estricta de aquellas actividades que puedan afectar negativamente a determinadas comunidades más sensibles a los efectos del cambio climático. Entre dichas actividades se hallan: roturaciones con fines agrícolas, construcción de vías de comunicación, apertura de canteras y explotaciones mineras a cielo abierto, instalación de parques eólicos, cerramientos cinegéticos, recalificaciones urbanísticas, etc.

Bibliografía

- CAMARERO, J.J. 1999. *Growth and regeneration patterns and processes in Pinus uncinata Ram. Treeline ecotones in the Pyrenees and in a isolated population in the western distribution limit in Spain*. University of Barcelona, Barcelona.
- COSTA, M.; MORLA, C. & SAINZ, H. (EDS.). 1998. *Los bosques de la Península Ibérica. Una interpretación geobotánica*. Planeta, Barcelona.
- FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, F.; LOIDI, J. & MORENO, J.C. 2005. *Impactos sobre la biodiversidad vegetal*. En "Evaluación Preliminar de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático". J.M. Moreno & al. (eds.). pp. 183-247. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- GRACIA, C.; SABATÉ, S.; LÓPEZ, B. & SÁNCHEZ, A. 2001. *Presente y futuro del bosque mediterráneo: balance de carbono, gestión forestal y cambio global*. En "Aspectos funcionales de los ecosistemas mediterráneos". R. Zamora & F.J. Pugnaire (eds.). Pp. 351-372. CSIC-AEET, Granada.
- HERRANZ, J.A. & MARTÍN-HERRERO, J. 2002. Situación actual de la conservación vegetal en Castilla-La Mancha. *Conservación Vegetal*, 7: 15-17.
- HÓDAR, J.A.; CASTRO, J. & ZAMORA, R. 2003. Pine processionary caterpillar *Thaumetopoea pityocampa* as a new threat for relict Mediterranean Scots pine forest under climate warming. *Biological Conservation*, 110: 123-129.
- MARTÍN-HERRERO, J.; CIRUJANO, S.; MORENO, M.; PERIS, J.B. & STÜBING, G. 2003. *La vegetación protegida en Castilla-La Mancha*. Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, Toledo.
- MIMAM, 2006. *Estrategia de conservación y uso sostenible de los recursos genéticos forestales*. DGB. Madrid.
- MORENO, J.M. & AL. 2005. *Evaluación Preliminar de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático*. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- OGAYA, R. & PEÑUELAS, J. 2003. Comparative field study of *Quercus ilex* and *Phillyrea latifolia*: photosynthetic response to experimental drought conditions. *Environmental and Experimental Botany*, 50: 137-148.
- PEÑUELAS, J. & BOADA, M. 2003. A global change-induced biome shift in the Montseny mountains (NE Spain). *Global Change Biology*, 9: 131-140.
- PEÑUELAS, J.; FILELLA, I. & COMAS, P. 2002. Changed plant and animal life cycles from 1952 to 2000 in the Mediterranean region. *Global Change Biology*, 8: 531-544.
- PEÑUELAS, J.; LLORET, F. & MONTOYA, R. 2001. Severe drought effects on Mediterranean woody flora in Spain. *Forest Science*, 47: 214-218.
- PEÑUELAS, J. & LLUSIÁ, J. 2003. BVOCs: plant defense against climatic warming?. *Trends in Plant Science*, 8: 105-109.
- REICHSTEIN, M.; TENHUNEN, J.D.; ROUPSARD, O. & VALENTINI, R. 2002. Severe drought effects on ecosystem CO₂ and H₂O fluxes at three Mediterranean evergreen sites: revision of current hypotheses?. *Global Change Biology*, 8: 999-1017.

- SANZ-ELORZA, M.; DANA, E.D.; GONZÁLEZ, A. & SOBRINO, E. 2003. Changes in the high-mountain vegetation of the central Iberian Peninsula as a probable sign of global warming. *Annals of Botany*, 92: 273-280.
- SEBASTIÁ, M.T.; MOLA, B.; ARENAS, J.M. & CASALS, P. 2004. Biomass responses of subalpine grasslands in the Pyrenees under warming conditions. *Land Use Systems in Grassland Dominated Regions. European Grassland Federation*, 9: 290-292.
- TERRADAS, J. 1996. *Ecología del foc*. Proa, Barcelona.
- VALLADARES, F.; PEÑUELAS, J. & LUIS, E. 2005. *Impactos sobre los ecosistemas terrestres*. En "Evaluación Preliminar de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático". J.M. Moreno & al. (eds.). Pp. 65-182. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- VALLADARES, F.; VILAGROSA, A.; PEÑUELAS, J.; OGAYA, R.; CAMARERO, J.J.; CORCUERA, L.; SISÓ, S. & GIL-PELEGRIN, E. 2004. *Estrés hídrico: ecofisiología y escalas de la sequía*. En "Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante". F. Valladares (ed.). Pp. 163-190. Organismo Autónomo de Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- VILAGROSA, A.; BELLOT, J.; VALLEJO, V.R. & GIL-PELEGRIN, E. 2003. Cavitation, stomatal conductance, and leaf dieback in seedlings of two co-occurring Mediterranean shrubs during an intense drought. *Journal of Experimental Botany*, 54: 2015-2024.
- ZAMORA, R.; GARCÍA-FAYOS, P. & GÓMEZ-APARICIO, L. 2004. *Las interacciones planta-planta y planta-animal en el contexto de la sucesión ecológica*. En "Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante". F. Valladares (ed.). Pp. 371-393. Organismo Autónomo de Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.