

Según más estudios en la región mediterránea y en las zonas de montaña

Las consecuencias del cambio climático en España

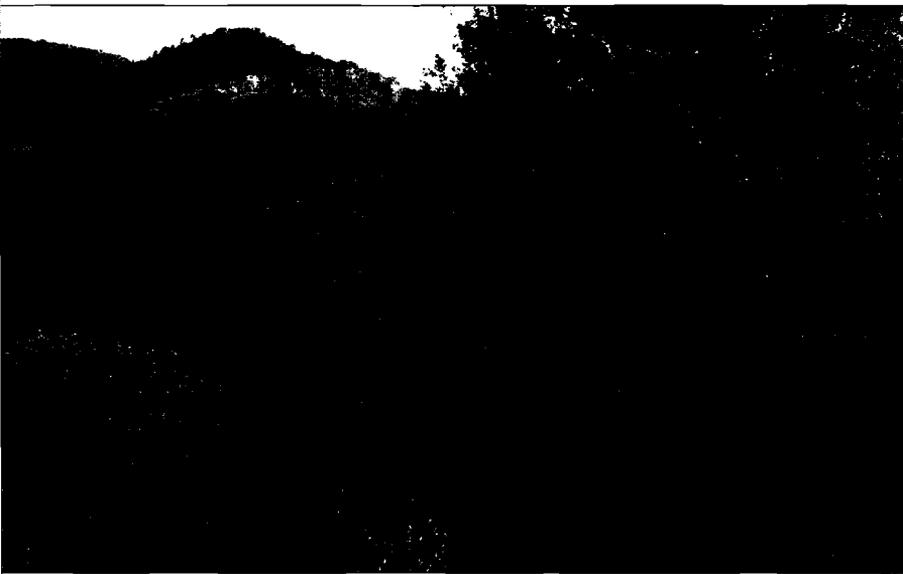
por Fernando Valladares

El cambio climático ya está aquí y sus efectos se notan: ciclos alterados de plantas y animales, extinciones locales, nueva distribución de organismos marinos e incluso problemas relacionados con el suministro de agua y electricidad. La probabilidad de que se confirmen futuros escenarios, así como su gravedad, depende de lo que hagamos en el presente, sobre todo respecto a las emisiones de gases con efecto invernadero y al consumo de energía y recursos naturales. El reto es reducir la tasa de cambio y ganar tiempo.

Anadie se le escapa que el clima está cambiando. Incluso los más escépticos admiten que los eventos catastróficos asociados con meteorologías extremas (heladas fuertes y fuera de temporada, olas de calor, sequías prolongadas, incendios devastadores, huracanes e inundaciones) están cobrando una frecuencia e intensidad preocupante. Las evidencias se acumulan mientras los científicos desgranar mecanismos y asocian probabilidades al hecho de que estos eventos tan llamativos sean parte del cambio climático general. Muchas aves migratorias llegan antes, se van después o incluso no llegan a viajar. Plantas e insectos adelantan las fases más activas de su ciclo vital y las mantienen hasta bien entrado el otoño o incluso el invierno. El agua desaparece del suelo y la nieve cubre de forma cada vez más irregular las montañas. Algunos ecosistemas empiezan a ocupar cotas progresivamente más altas, al igual que ciertas plagas como la procesionaria del pino (*Thaumetopoea pityocampa*).

Pero no hay escape hacia arriba para las especies de alta montaña y las migraciones latitudinales se ven dificultadas por la fragmentación del territorio, con lo que muchas plantas y animales están desapareciendo a escala local. Al tiempo que se expanden especies exóticas propias de climas más cálidos. Las previsiones para el futuro cercano no dejan margen al optimismo: al ritmo actual, las legendarias nieves del Kilimanjaro, asociadas con glaciares en rápido retroceso, sólo durarán veinte años, amenazando el funcionamiento de ecosistemas que existen gra-

◀ Cárcavas y cultivos de secano en las inmediaciones de Mula (Murcia). El cambio climático hará que las lluvias sean más escasas en la región mediterránea y se prolongue el periodo de sequía estival (foto: Antonio Sacristán / Grévol).



▲ En 2005, los encinares del Parque Natural del Alto Tajo (Guadalajara) soportaron temperaturas extremas tanto en invierno (por debajo de -20°C) como en verano (más de 45°C).

► Hojas de encina congeladas en el invierno de 2005. Ese año apenas produjeron flores y bellotas (fotos: Fernando Valladares).

cias a tan peculiares condiciones climáticas. Las no menos legendarias selvas amazónicas que sobrevivan a las tallas y los incendios podrían colapsar hacia el año 2100 debido a una disminución de las lluvias y de la humedad relativa, con un escalofriante primer adelanto en la intensa sequía sufrida a finales de 2005. En nuestras latitudes, la mayoría de los estudios señalan que el sur de Europa y la región mediterránea, así como las zonas de montaña, serán las más afectadas por el cambio climático (1, 2, 3).

Con la creación de la Oficina Española de Cambio Climático en el año 2001 y la reciente "evaluación preliminar de los impactos en España por efecto del cambio climático", nuestro país entra en el grupo de naciones que

decide reaccionar ante este problema y no limitarse a ver qué pasa.

Cambios en el propio clima

Las primeras preguntas deben plantearse sobre el propio clima (Tabla 1): ¿cuál es su tendencia actual y qué certezas tenemos sobre su evolución futura? Las temperaturas en España, en particular las invernales, han aumentado durante el siglo XX y lo han hecho en mayor medida que en la Tierra en su conjunto (4). Las precipitaciones han tendido a disminuir, sobre todo en el sur y en Canarias, correlacionadas con un aumento del índice NAO (Oscilación del Atlántico Norte). La gran diversidad de climas que tenemos en España, sumada a la alta variabilidad temporal y a las limitaciones técnicas para combi-



nar modelos globales y regionales, hacen difícil establecer con exactitud la tendencia futura del cambio climático. A pesar de esto y de la distinta influencia de los escenarios socioeconómicos que se consideren, todos los modelos arrojan un incremento de la temperatura media de $0,4^{\circ}\text{C}$ por década para la península Ibérica. Lo cual significa que el siglo XXI acabará con temperaturas entre 4 y 7 grados más altas que durante el periodo 1961-1990. Las anomalías térmicas (olas de calor y de frío) serán cada vez más frecuentes y el aumento de las temperaturas, sobre todo en verano, se hará notar más en las zonas del interior. Las precipitaciones tenderán a disminuir, sobre todo en primavera y verano (20 y 40 milímetros menos de media, respectivamente), aunque con notables variaciones regionales y locales. Por ejemplo, los cambios serán más significativos en la Península que en las islas Baleares o Canarias, mientras que las precipitaciones aumentarán durante el invierno en el oeste peninsular y durante el otoño en el noreste (4).

¿Qué ocurre con la vegetación?

Las plantas tienen una importancia desproporcionada en el funcionamiento de los ecosistemas, ya que son organismos productores, es decir, capaces de transformar la energía del sol en tejidos vivos mediante la fotosíntesis. Los ingredientes de la fotosíntesis son básicamente carbono (obtenido a partir del dióxido de carbono atmosférico), agua y luz. El dióxido de carbono, además

Tabla 1 Grado de certidumbre científica sobre el cambio climático en España

| | |
|----|---|
| MA | Incremento de las temperaturas medias a lo largo del siglo XXI (de 4 a 7°C a finales de siglo). |
| MA | Significativo incremento de las temperaturas en verano, sobre todo en el interior peninsular. |
| A | Disminución general de las precipitaciones anuales (entre un 5% y un 25% a finales del siglo XXI) y cambios en la distribución estacional de las lluvias. |
| A | Clima más variable y mayor frecuencia de eventos extremos (olas de calor y frío, lluvias torrenciales, heladas y granizos fuera de temporada). |
| A | Disminución significativa de las precipitaciones en primavera y verano (entre 20 y 40 milímetros menos a finales del siglo XXI). |
| A | Desplazamiento de la sequía hacia la primavera. En la Península empezará y acabará antes, aunque en total durará unas dos semanas más hacia mediados del siglo XXI. |
| B | Aumento de las precipitaciones invernales en el oeste peninsular y de las otoñales en el noreste. |

MA: certeza Muy Alta. A: certeza Alta. B: certeza Baja.
Fuente: referencias bibliográficas 17 y 18.



de ser el principal gas con efecto invernadero, es fundamental para el crecimiento de las plantas, de forma que su incremento es en principio positivo para los vegetales. Pero, al haber más carbono, aumenta la relación carbono-nitrógeno en las hojas y esto reduce su calidad nutritiva, lo que afecta a todos los animales que nos alimentamos directa o indirectamente de ellas. Además, el aumento de la temperatura contrarresta el efecto beneficioso que podría tener una mayor cantidad de dióxido de carbono, ya que incrementa los gastos de mantenimiento del metabolismo vegetal. El balance entre los ingresos por fotosíntesis y los gastos por respiración se mantiene o incluso disminuye con el cambio climático. Si además tenemos en cuenta que el agua, fundamental para la fotosíntesis, será más escasa en algunas regiones, el resultado global del incremento de dióxido de carbono no será precisamente un aumento de la producción vegetal, sino más bien una disminución.

Todo esto despierta muchas dudas sobre la capacidad real que tiene la vegetación para contrarrestar las emisiones humanas de dióxido de carbono. En otras palabras, es poco probable que la función de las plantas como sumideros de dióxido de carbono pueda atenuar la creciente concentración de este gas en la atmósfera.

En los bosques y matorrales mediterráneos, el aumento tanto de las temperaturas como del dióxido de carbono hará que se incremente el ritmo metabólico y el gasto de agua por transpiración de las hojas. Si las precipitaciones no aumentan —y las tendencias sugieren justo lo contrario— se producirá una reduc-

ción superior al 25% del agua disponible en el suelo en los próximos cincuenta años, con las lógicas variaciones locales y regionales. Si consideramos que en muchas zonas los bosques mediterráneos están ya al límite de sus posibilidades, transpirando incluso más agua de la que llueve, esta disminución de las reservas del suelo provocaría la desaparición del bosque o, al menos, de las especies arbóreas dominantes. Los bosques serían gradualmente reemplazados por matorrales que consumen menos agua y toleran mejor la sequía. Por otra parte, el hecho de que la vegetación esté cada vez más seca incrementa el riesgo de incendio y el efecto combinado de todos estos factores ya se está produciendo (3).

¿Cómo influye en los ecosistemas terrestres?

Uno de los efectos más tangibles del cambio climático se observa en los ritmos estacionales de la flora y la fauna, es decir, en su fenología (5). Los ciclos vitales de muchas plantas y animales se han visto alterados por la suavidad del clima, así que inician antes su actividad o la interrumpen más tarde (Tabla 2). Por ejemplo, mu-

▲ Una de las lenguas del glaciar Vatnajökull, situado al sur de Islandia y considerado el mayor de Europa. La regresión de los glaciares es uno de los efectos más patentes del cambio climático en todo el mundo (foto: María Luisa Fernández del Castillo).

Los cambios serán más significativos en la Península que en las islas Baleares o Canarias, mientras que las precipitaciones aumentarán durante el invierno en el oeste peninsular y durante el otoño en el noreste.

Tabla 2 Grado de certidumbre científica sobre los efectos del cambio climático en los ecosistemas terrestres españoles

| | |
|----|---|
| MA | Cambios en los ritmos estacionales (fenología) de las especies y sus interacciones. |
| MA | Expansión y mayor impacto de especies invasoras y plagas. |
| MA | Cambios en las especies dominantes de una comunidad y en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas. |
| MA | Incremento de tres a seis semanas del periodo estival con riesgo de incendio hacia mediados del siglo XXI. |
| A | Menor productividad general de los ecosistemas terrestres. |
| A | Extinciones locales y migraciones altitudinales de especies clave. |
| A | Menor calidad nutritiva de las plantas. |
| A | La vegetación pierde capacidad para acumular carbono. |
| A | Mayor impacto de las perturbaciones y los eventos extremos. |
| A | Pérdida de diversidad genética en las poblaciones. |
| B | Migraciones latitudinales de especies clave (incertidumbre debida a la gestión del territorio). |
| B | Uso más eficiente del agua por las plantas (incertidumbre debida a los efectos contrarios de la temperatura y la disponibilidad de dióxido de carbono y agua en la fotosíntesis). |
| B | Colapso de las redes tróficas (incertidumbre debida a la dinámica de sistemas complejos y al papel de especies nuevas o exóticas). |
| B | La temperatura acelera los ciclos biogeoquímicos (incertidumbre debida a la limitación hídrica). |

MA: certeza Muy Alta. A: certeza Alta. B: certeza Baja.

Fuente: referencias bibliográficas 17 y 18.

chos árboles de hoja caduca echan las hojas nuevas con una o dos semanas de antelación, las larvas de mariposas y otros insectos también aparecen antes de lo habitual y algunas aves migradoras adelantan la fecha de regreso tras el invierno. En Cardedeu (Barcelona) se han apreciado cambios muy significativos en el ritmo vital de animales y plantas tras registrar minuciosamente el brote de hojas, flores y frutos durante más de cincuenta años, así como la aparición de determinadas especies de insectos y aves (6). Árboles y arbustos han adelantado sus fechas de floración y fructificación entre una y tres semanas. ¡Aunque algunas especies llegan a anticiparse hasta diez semanas! Algo similar ocurre con las primeras observaciones de mariquitas, mariposas de la col y go-

Cualquier medida que adoptemos ahora tardará mucho tiempo en notarse y sólo un cambio en la política de emisiones de gases con efecto invernadero tendrá un reflejo relativamente rápido en el estado de la atmósfera.



londrinas, o con las fechas en las que se empieza a oír el canto de ruiseñores (*Luscinia megarhynchos*), abubillas (*Upupa epops*) y cucos (*Cuculus canorus*).

El calentamiento general hace que ciertas especies busquen lugares situados a una mayor cota de altitud, como les ha ocurrido a dieciséis especies de mariposas en la sierra de Guadarrama (7). La temperatura ha subido allí un total de 1,3 grados en los últimos treinta años, lo que ha obligado a las mariposas a ascender 212 metros en promedio. Este ascenso representa una reducción del 33% del área total disponible para esas dieciséis especies. El resultado no es sólo que las mariposas tengan que apretarse ahora en menos espacio, sino que están desapareciendo de muchas franjas bajas donde antes eran abundantes.

De forma análoga, las especies van buscando zonas cada vez más septentrionales, unas veces huyendo del creciente calor del sur y otras encontrando que las temperaturas del norte son cada vez más favorables. La procesionaria del pino, una plaga de muchos de nuestros pinares, empieza a ser un problema nuevo en el centro de Europa, donde nunca había tenido demasiada importancia debido a que las frías temperaturas la mantenían a raya. La procesionaria no sólo se encuentra cada vez más al norte, sino también más alta en las montañas, y a veces el problema adquiere matices complejos. Por ejemplo, en los pinares de pino albar de Sierra Nevada, la procesionaria ha estado habitualmente restringida a las masas reforestadas y plantadas de las cotas bajas, de forma que los bosques naturales de pino albar nevadense (*Pinus sylvestris nevadensis*), una subespecie endémica, han estado a salvo de esta plaga durante cientos de miles de años gracias a que crecen a una mayor altitud. Sin embargo, en las últimas décadas se ha observado un ataque cada vez más intenso por parte de las procesionarias, lo cual no deja de ser preocupante, ya que estos valiosos pinares tienen una extensión reducida y podrían carecer de me-



canismos naturales para evitar que la plaga acabe con todos los árboles (8).

Papamoscas y carboneros

Lo que resulta evidente es que no todas las especies de plantas y animales responden de igual forma al cambio climático e incluso hay algunas que parecen indiferentes. Este simple hecho tiene una repercusión profunda y compleja en el funcionamiento de los ecosistemas. Dado que las especies interaccionan entre sí, sirviendo unas de alimento a otras, ligeros cambios en los ritmos estacionales de algunas de ellas pueden afectar mucho a las demás. Veinte años de estudio en los robledales de la sierra de Guadarrama han demostrado que el incremento de la temperatura durante el mes de mayo ha adelantado la salida de la hoja en los robles (9). Las orugas que se alimentan de estas hojas también han adelantado su calendario y permanecen acopladas al ritmo anual de su planta nutricia. Sin embargo, no ha ocurrido lo mismo con algunas aves migratorias como el papamoscas cerrojillo (*Ficedula hypoleuca*), que apenas ha modificado su calendario de llegadas y salidas de Guadarrama. De esta forma, cuando el papamoscas llega a los robledales y se dispone a sacar adelante a sus polluelos, se encuentra con que las orugas de las que se alimenta llevan ya varias semanas de adelanto y empiezan a escasear justo cuando los pollos crecen y necesitan más comida. El resultado es que, a lo largo de estos veinte años de estudio, el peso medio de los pollos al final de la temporada de cría se ha reducido en más de un gramo (recordemos que sólo pesan unos 14 gramos) y el éxito reproductor de la especie ha caído en más de un 20% desde la década de los ochenta.

Para comprender mejor qué podría estar pasando en este tipo de situaciones, cuando varias especies dependientes responden de forma distinta al cambio climático, unos investigadores ingleses decidieron experimentar en condiciones controladas de laboratorio con los ritmos de crecimiento de plantas, orugas y aves. El protagonista en este caso fue el carbonero común (*Parus major*), un pajarillo muy frecuente en nuestros bosques y que, a diferen-

cia del papamoscas cerrojillo, es sedentario. Lo que encontraron fue que cuando estos tres tipos de organismos se exponían a temperaturas algo más cálidas durante su desarrollo, sólo dos de ellos, plantas y orugas, adelantaban su calendario y crecían más rápido. Los pollos de carbonero se adelantaban mucho menos y apenas crecían un poco más rápido, por lo que su peso final fue mucho menor (10). Como el peso de los polluelos está directamente relacionado con sus posibilidades de supervivencia durante el primer verano, este estudio demostró que es la diferente respuesta al incremento de temperatura entre especies dependientes lo que explica el declive observado en ciertas poblaciones de aves.

Sequía y crecimiento vegetal

Muchas plantas tienden a alargar sus ciclos vitales, de manera que echan la hoja antes y la tiran más tarde, con lo que prolongan así su periodo de crecimiento. Sin embargo, este lapso de tiempo más dilatado no se asocia con un mayor crecimiento real en los ecosistemas de clima mediterráneo, debido al efecto de la sequía estival. En otras palabras, el crecimiento y la productividad no se incrementan durante ese periodo más largo de temperaturas favorables debido a que la sequía interrumpe la actividad de las plantas (11). Además, la propia sequía también se hace más prolongada e intensa como consecuencia del cambio climático y contrarresta el posible efecto beneficioso de la temperatura sobre la productividad vegetal (3).

Por otra parte, al analizar los efectos del cambio climático sobre la flora y la fauna puede apreciarse que podría desencadenar pérdidas masivas y alteraciones muy importantes respecto a su distribución en Europa. Basados en las cuatro posibles situaciones propuestas por el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) y en tres modelos matemáticos, varios científicos han estudiado la distribución de más de mil especies vegetales europeas hasta el año 2080 y han sacado en conclusión que la mitad de ellas podrían clasificarse como vulnerables o amenazadas (12). Las más sensibles son las especies

◀ La suavidad del clima ha permitido que la procesionaria del pino alcance cotas más altas en las zonas de montaña (foto: Antonio Sacristán / Grévol).

Hemeroteca

Quercus 145 (marzo 1998)

Ref. 5301145 / 3'90 €

· Cambio global y conservación de la biodiversidad. Rogelia Llorente y Montserrat Vilà.

Quercus 162 (agosto 1999)

Ref. 5301162 / 3'90 €

· Evidencias científicas del cambio climático. Miguel Ángel Rodríguez y Francisco Rodríguez-Trelles.

Quercus 210 (agosto 2003)

Ref. 5301210 / 3'90 €

· El cambio global y la alteración de las interacciones ecológicas: pino viejo no aguanta plaga nueva. José A. Hódar, Regino Zamora y Jorge Castro.

Quercus 218 (abril 2004)

Ref. 5301218 / 3'90 €

· Efectos del cambio climático sobre las comunidades vegetales. Laura Llorens, Marc Estiarte y Josep Peñuelas.

Quercus 225 (noviembre 2004)

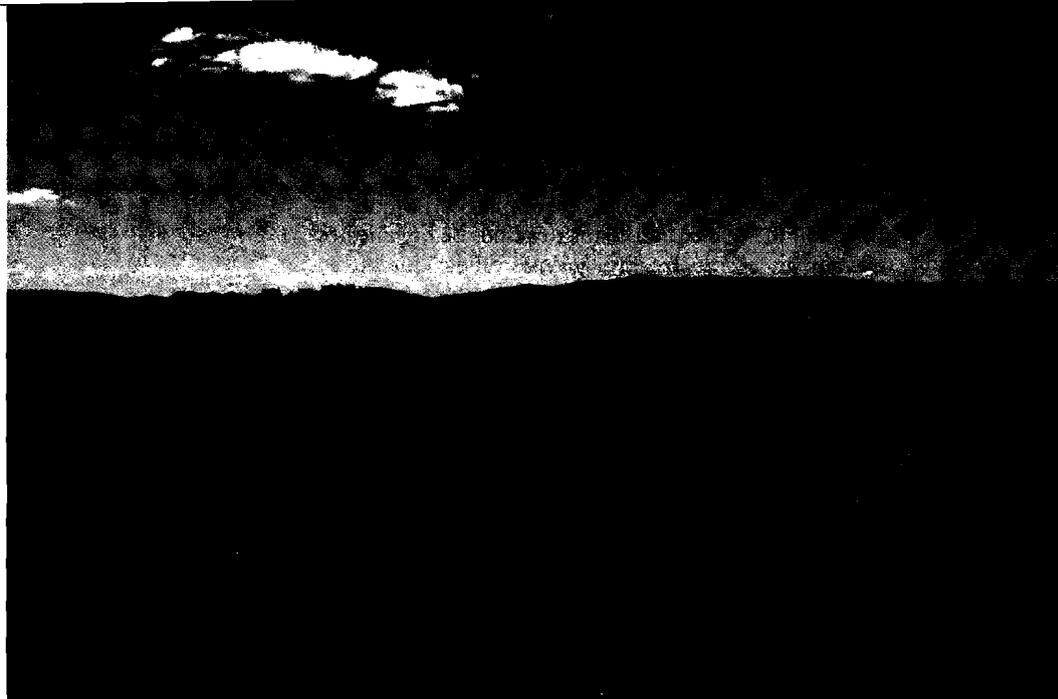
Ref. 5301225 / 3'90 €

· El clima de mañana. José Gabriel Segarra.

Insertamos un boletín de pedidos en la página 73.

▼ Hembra de papamoscas cerrojillo, especie cuyo éxito reproductor se ha resentido a causa del cambio climático (foto: Antonio Sacristán / Grévol).





▲ Isletas en las Tablas de Daimiel (Ciudad Real). Los humedales están amenazados por la escasez de lluvias y la demanda creciente de agua (foto: María Luisa Fernández del Castillo).

de montaña y se estima que un 60% de ellas desaparecerán si se mantiene el actual ritmo de emisiones de dióxido de carbono. Las zonas boreales sufrirían menos pérdidas, en parte porque podrían ganar nuevas especies por migración desde las regiones meridionales.

Así pues, los ecosistemas más vulnerables serían los que se encuentran al sur, en el entorno mediterráneo (2). Ade-

más, la pérdida de especies vegetales sería más acusada en zonas secas y de montaña, debido a la gran biodiversidad que atesoran actualmente y a su extrema sensibilidad a los cambios climáticos.

Ecosistemas marinos y de agua dulce

El cambio climático hace que ascienda el nivel del mar, tanto por la fusión de la nieve y el hielo de los glaciares como por la simple dilatación del agua debido a que ocupa un mayor volumen al subir de temperatura. En las costas europeas, por ejemplo, el nivel del mar ha subido entre 0'8 y 3 milímetros al año y está previsto que el ritmo se duplique o cuadruplique —en los peores escenarios de emisiones de gases con

efecto invernadero— hacia finales del siglo XXI (Tabla 3).

Dicha subida tiene una repercusión inmediata en las zonas costeras. La propia línea de costa irá cambiando al tiempo que pierde territorio precisamente allí donde se registran las mayores concentraciones de población humana en todas las regiones del planeta. Los sistemas dunares y los humedales costeros sufrirán profundas alteraciones debido a la intrusión marina y al menor aporte de sedimentos por parte de los ríos. Además, dado el alto grado de urbanización y fragmentación del territorio en las zonas litorales, la posibilidad de que estos ecosistemas se adapten a una costa cambiante es muy pequeña.

Por otra parte, al aumentar la temperatura del agua muchos organismos marinos cambian sus patrones de distribución y, por ejemplo, las especies boreales o de aguas frías desaparecerán de nuestras latitudes. Además, el incremento de temperatura también provoca cambios en las relaciones entre especies, así como oscilaciones inusuales en los estadios larvarios y juveniles. La combinación de efectos debidos al cambio climático supone asimismo una amenaza muy importante para los sistemas bentónicos, ya que los fondos poco profundos son muy sensibles a la turbidez del agua debido a que la fotosíntesis es imposible sin la luz del sol. De hecho, se han observado abundantes síntomas de decaimiento asociados al cambio climático, en particular en las praderas de posidonia y otras fanerógamas marinas.

En cuanto a los sistemas acuáticos continentales, sufren los efectos del cambio climático de una forma muy marcada, ya que están sujetos, no sólo al aumento de las temperaturas, sino también a la escasez de precipitaciones y a las alteraciones que afectan a los ecosistemas terrestres vecinos. La carencia de agua, tanto freática como superficial, está degradando irreversiblemente un humedal tan emblemático como las Tablas de Daimiel. Al subir la temperatura aumenta la evaporación y también la transpiración de las plantas, por lo que disminuye el agua disponible para lagunas y arroyos. En la mayoría de las masas de agua dulce peninsulares se están observando alteraciones profundas en las comunidades de organismos y en los ciclos de la materia, cada vez más intensas debido al cambio climático. En algunas zonas no afectarán sólo a las especies y a los procesos, sino al propio tamaño de la masa de agua dulce y a sus ritmos estacionales. Entre las zonas

Tabla 3. Grado de certidumbre científica sobre los efectos del cambio climático en los ecosistemas acuáticos españoles

| | |
|----|--|
| MA | Ascenso del nivel del mar y calentamiento del agua. |
| MA | Pérdida de territorio en zonas litorales y alteración profunda de la línea de costa. |
| MA | Menor volumen de sedimentos en las zonas costeras y alteración de los ecosistemas dependientes. |
| MA | Migración latitudinal del plancton y los peces. Las especies boreales desaparecen de nuestras latitudes. |
| MA | Degradación de los humedales costeros por intrusión marina, escasez de lluvia y menor volumen de sedimentos. |
| A | Las redes tróficas marinas se alteran. |
| A | Alteraciones y oscilaciones inusuales en los estadios larvarios y juveniles de organismos marinos. |
| A | Disminuye la diversidad de especies marinas. |
| A | Las comunidades bentónicas se degradan, sobre todo las praderas de fanerógamas marinas. |
| A | Degradación irreversible y desaparición de lagunas y ecosistemas acuáticos continentales. |
| B | Disminuye la productividad de los cultivos marinos. |
| B | Disminuye la capacidad del océano para captar carbono. |
| B | La mayor temperatura del mar favorece la formación de ciclones. |
| B | Aumenta la productividad del fitoplancton y de las algas marinas. |

MA: certeza Muy Alta. A: certeza Alta. B: certeza Baja.

Fuente: referencias bibliográficas 17 y 18.

más vulnerables destacan las albuferas de Adra (Almería) y de Valencia, los humedales de Doñana (Huelva) y las Tablas de Daimiel (Ciudad Real), el delta del Ebro (Tarragona) y las lagunas de Gallocanta (Zaragoza / Teruel) y Ruidera (Ciudad Real), además de los lagos alpinos de Sierra Nevada (13).

El clima no es el único motor del cambio global

Como analogía moderna de los cuatro jinetes del Apocalipsis, el cambio global está impulsado por cinco motores principales: los cambios de uso del territorio, el cambio climático, el intercambio biótico (traslado e introducción, voluntaria o involuntaria, de especies y variedades exóticas), la sobreexplotación de los recursos y la contaminación. Actualmente se considera que los cambios de uso del territorio y el cambio climático son los dos motores que tienen un mayor impacto sobre la biodiversidad a escala global (14).

En general, los efectos del cambio climático son menores y se perciben más tarde que los derivados de la fragmentación del hábitat o la contaminación. Lógicamente, la importancia relativa de estos cinco motores varía según el ecosistema. Así, mientras en algunas zonas mediterráneas las especies exóticas invasoras son la principal amenaza para la biodiversidad, los cambios de uso se reflejan más en ríos y lagos, mientras que la contaminación por nitrógeno y fósforo afecta a los ecosistemas templados del hemisferio norte y el aumento de las temperaturas es la principal amenaza para todas las regiones polares y subpolares del planeta.

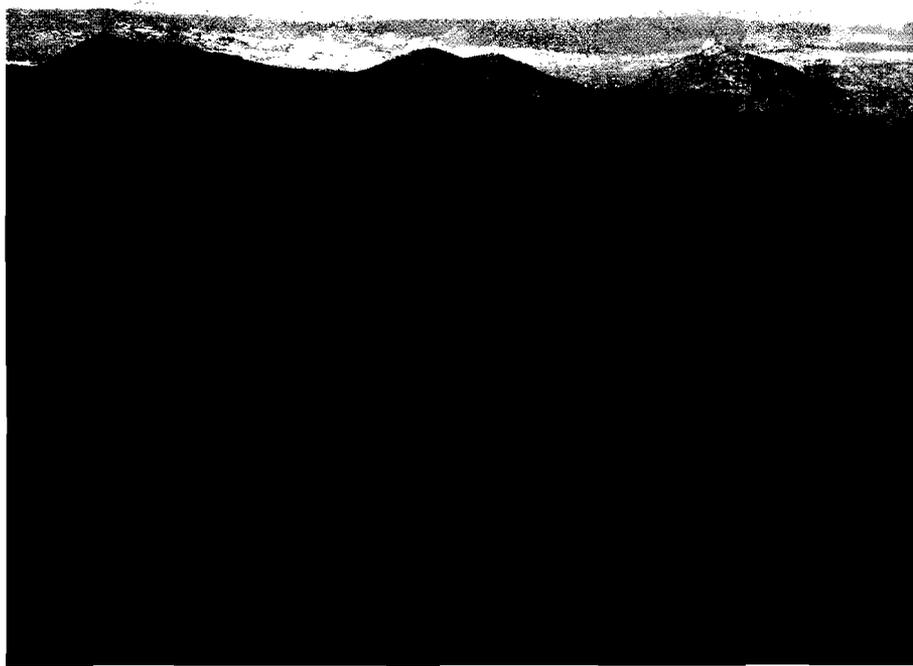
De hecho, es muy difícil desenmarañar la trama de efectos y consecuencias aparejada a cada uno de estos motores. En nuestras latitudes, el cambio climático y la fragmentación del territorio van tan inextricablemente unidos que sólo cabe analizarlos de forma conjunta. Por ejemplo, piornos y enebros ganan altura en la sierra de Guadarrama (15) no sólo por el calentamiento global, sino también por la política territorial y la presión ganadera. Lo mismo ocurre con las hayas (*Fagus sylvatica*) que cada vez crecen mejor en las zonas altas del macizo barcelonés del Montseny (16). Otro tanto puede decirse de los ecosistemas marinos, donde la diferente distribución de los peces no sólo se debe a los cambios en la temperatura del mar, sino también a la gestión pesquera.

Así pues, el cambio climático está directamente implicado en la mayoría de las alteraciones ambientales que percibimos actualmente. Pero no actúa solo y en ciertos ecosistemas no es el principal motor de cambio. En los ecosistemas terrestres de nuestras latitudes, opera tan estrechamente junto a los cambios de uso del territorio que los impactos rara vez pueden atribuirse en exclusiva a uno de los dos.

¿Qué podemos hacer?

Sencillamente, convencernos de que el cambio climático es un problema real, con efectos tangibles, y actuar en consecuencia, tanto a escala individual como colectiva (Tabla 4).

En concreto, hay tres aspectos que deben guiar nuestras actuaciones. En primer lugar, gestionar los sistemas y los recursos de forma sostenible y adaptativa, es decir,



reduciendo nuestro impacto y revisando frecuentemente si el sistema evoluciona en la dirección deseada, para reajustar la gestión en caso contrario.

La segunda recomendación es seleccionar ecosistemas clave por su vulnerabilidad al cambio climático y, no sólo velar por su conservación, sino emplearlos como sistemas de alerta temprana.

▲ Pastizales en la sierra de Gredos (Ávila). Los piornos han ganado altura no sólo por el cambio climático, sino también por la gestión ganadera (foto: María Luisa Fernández del Castillo).

Tabla 4. Grado de certidumbre científica sobre los efectos del cambio climático en la calidad de vida y la salud de los españoles

| | |
|----|---|
| MA | Expansión de los vectores de enfermedades contagiosas (garrapatas, mosquitos, pulgas). |
| MA | Incremento del estrés fisiológico, morbilidad y mortandad por olas de calor. |
| MA | Aumenta el consumo de agua por la población humana y la demanda para riego. |
| MA | Aumenta la demanda energética por habitante. |
| A | Mayor incidencia de las enfermedades respiratorias y las alergias (incremento del polen por expansión de las gramíneas). |
| A | Expansión de enfermedades de origen tropical. |
| A | Mayor incidencia de las enfermedades infecciosas. |
| A | Disminuye la productividad de los cultivos. |
| A | Aumenta el precio de las pólizas de seguros que cubren riesgos relacionados con el clima y los eventos catastróficos (daños materiales y personales, pérdidas de cosechas). |

MA: certeza Muy Alta. A: certeza Alta. B: certeza Baja.

Fuente: referencias bibliográficas 17 y 18.



▲ Ejemplar de la mariposa *Lycaeides idas nevadensis*, subespecie endémica de Sierra Nevada (Granada / Almería). Las mariposas de montaña han respondido al cambio climático migrando en altitud, lo que ha estrechado considerablemente su hábitat disponible (foto: Antonio Sacristán / Grévol).

Por último, es imperativo ganar tiempo como sea y para ello hay que reducir la tasa de todos aquellos procesos que aceleran el cambio climático. Es preciso consolidar en nuestro país de una red de seguimiento de ecosistemas a largo plazo y, aunque ya existen numerosas iniciativas en este sentido, aún no están coordinadas y la información no circula con la fluidez necesaria. Precisamente por este motivo se ha creado hace poco REDOTE (www.redote.org), una red surgida del programa IGBP-España y cuyo principal objetivo es coordinar y centralizar las iniciativas de seguimientos temporales de ecosistemas y favorecer su conocimiento.

Ganar tiempo no significa una huida hacia delante, ni el aplazamiento indefinido de la búsqueda de soluciones, sino una necesidad perentoria para reducir la actual tasa de cambio ambiental. Aunque no se aborden todas sus causas, reducir dicha tasa hará más asequibles tres procesos fundamentales: la adaptación de los sistemas naturales a

Autor

Fernando Valladares Ros es investigador científico en el Instituto de Recursos Naturales del Centro de Ciencias Medioambientales (CSIC) y profesor asociado de la Universidad Rey Juan Carlos. Su trabajo se centra en diversos aspectos de la ecología y la fisiología vegetal, particularmente en ambientes mediterráneos, siempre con el objetivo de mejorar nuestra capacidad de entender y estimar el impacto del cambio global en los ecosistemas. Para ello ha participado en la creación de redes temáticas como GLOBMED (www.globimed.net) y REDOTE (www.redote.org).

Agradecimientos

A todos aquellos con los que he discutido y de los que he aprendido sobre cambio global, en especial a Josep Peñuelas, Antonio Delgado, Juan José Sanz, Teodoro Marañón, Regina Zamora, Luis Balairón, Anna Traveset, Fernando Maestre, Emilio Chuvieco, Adrián Escudero, Carlos Duarte, Francisco Pugnaire y Fernando Pulido.

Dirección de contacto:

Instituto de Recursos Naturales · Centro de Ciencias Medioambientales (CSIC) · c/ Serrano, 115 · 28006 Madrid · Correo electrónico: ebvfv87@ccma.csic.es

las nuevas condiciones, el avance de nuestro conocimiento sobre el cambio global y el desarrollo de tecnologías más eficientes y menos contaminantes (14). Hay que tener en cuenta, además, que lo que hagamos ahora tardará mucho tiempo en notarse. De las múltiples actuaciones posibles, sólo un cambio en la política de emisiones de gases con efecto invernadero tendrá un reflejo relativamente rápido. Aun así, la propia concentración de dióxido de carbono en la atmósfera tardará varias décadas en estabilizarse y comenzar a bajar, el aumento de la temperatura del aire necesitará algunos siglos para revertirse y el calentamiento de los océanos requerirá miles de años en invertir su actual tendencia, así como la subida del nivel del mar (17). Por lo tanto, debemos planificar el futuro con generosidad y emprender ya mismo actuaciones para atenuar la tasa de cambio global, aunque ninguno de nosotros llegue a ver los resultados. ☽

Bibliografía

- (1) EEA (2004). *Impacts of Europe's changing climate*. European Environment Agency Report, 2. Copenhagen.
- (2) Schröter, D. y otros autores (2005). Ecosystem service supply and vulnerability to global change in Europe. *Science*, 310: 1.333-1.337.
- (3) Valladares, F.; Peñuelas, J. y Calabuig, E.L. (2004). Ecosistemas terrestres. En *Evaluación de los impactos del cambio climático en España*, 65-112. J.M. Moreno (ed.). Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- (4) Castro, M.; Martín-Vide, S. y Alonso, S. (2004). El clima de España: pasado, presente y escenarios de clima para el siglo XXI. En *Evaluación de los impactos del cambio climático en España*, 3-64. J.M. Moreno (ed.). Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- (5) Peñuelas, J. y Filella, I. (2001). Phenology: responses to a warming world. *Science*, 294: 793-795.
- (6) Peñuelas, J.; Filella, I. y Comas, P. (2002). Changed plant and animal life cycles from 1952 to 2000 in the Mediterranean region. *Global Change Biology*, 8: 531-544.
- (7) Wilson, R. y otros autores (2005). Changes to the elevational limits and extent of species ranges associated with climate change. *Ecology Letters*, 8: 1.138-1.146.
- (8) Hódar, J.A.; Castro, J. y Zamora, R. (2003). Pine processionary caterpillar *Thaumetopoea pityocampa* as a new threat for relict Mediterranean Scots pine forests under climate warming. *Biological Conservation*, 110: 123-129.
- (9) Sanz, J.J. y otros autores (2003). Climate change and fitness components of a migratory bird breeding in the Mediterranean region. *Global Change Biology*, 9: 1-12.
- (10) Buse, A. y otros autores (1999). Effects of elevated temperature on multi-species interactions: the case of Pedunculate Oak, Winter Moth and Tits. *Functional Ecology*, 13: 74-82.
- (11) Gracia, C. y otros autores (2001). Presente y futuro del bosque mediterráneo: balance de carbono, gestión forestal y cambio global. En *Aspectos funcionales de los ecosistemas mediterráneos*, 351-372. R. Zamora y F.I. Pugnaire (eds.). CSIC-AEET. Granada.
- (12) Thuiller, W. y otros autores (2005). Climate change threats to plant diversity in Europe. *PNAS*, 102: 8.245-8.250.
- (13) Moreno, J.M. (ed.) (2005). *Evaluación preliminar de los impactos en España por efecto del cambio climático*. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- (14) Reid, W.V. y otros autores (2005). Millennium ecosystem assessment. UNEP (disponible en www.millenniumassessment.org).
- (15) Sanz-Elorza, M. y otros autores (2003). Changes in the high-mountain vegetation of the central Iberian Peninsula as a probable sign of global warming. *Annals of Botany*, 92 (2): 273-280.
- (16) Peñuelas, J. y Boada, M. (2003). A global change-induced biome shift in the Montseny mountains (NE Spain). *Global Change Biology*, 9: 131-140.
- (17) IPCC (2001). Climate change 2001: the scientific basis. En *Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. J.T. Houghton y otros editores. Cambridge University Press. Cambridge.
- (18) Giannakopoulos, C. y otros autores (2005). *Climate change impacts in the Mediterranean resulting from a 2°C global temperature rise*. WWF. Gland (Suiza).

▼ El autor junto a sus tres hijos constatando que árboles y arbustos tuvieron una escasa producción de frutos y semillas tras el largo y seco verano de 2005.

