

Sección III

Evaluación de los tipos operativos de ecosistemas

Capítulo 9

Montaña mediterránea



Universidad de Granada, Departamento de Ecología

Autores: Ricardo A. Moreno Llorca, Pablo González Moreno,
Irene Navarro González, Francisco J. Bonet García,
Antonio J. Pérez Luque, Regino Zamora Rodríguez

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN.....	9
2. CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA SOCIOECOLÓGICO MONTAÑA MEDITERRÁNEA.....	10
2.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ECOSISTEMA.....	10
2.1.1. Pastos húmedos de montaña (borreguiles y cervunales).....	10
2.1.2. Bosques naturales (pinares, acerales, robledales, encinares).....	10
2.1.3. Cultivos de montaña extensivos	11
2.1.4. Matorral de alta montaña (enebrales, brezales, sabinares, piornales)	11
2.1.5. Matorrales de media montaña (retamares, tomillares, etc.)	11
2.1.6. Pastizales, roquedos y canchales de alta montaña.....	11
2.1.7. Repoblaciones de coníferas	11
2.1.8. Sistemas acuáticos	12
2.2. DOMINIO GEOGRÁFICO.....	12
2.3. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS BIOFÍSICAS.....	12
2.4. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS.....	14
3. ESTADO DE CONSERVACIÓN GENERAL DEL ECOSISTEMA DE MONTAÑA MEDITERRÁNEA.....	15
4. SERVICIOS SUMINISTRADOS. MÉTODOS DE EVALUACIÓN Y FUENTE DE DATOS.....	17
5. CONDICIONES Y TENDENCIAS DE LOS SERVICIOS EVALUADOS.....	24
5.1. ESTADO DE LOS SERVICIOS DE ABASTECIMIENTO	24
5.2. ESTADO DE LOS SERVICIOS DE REGULACIÓN	25
5.3. ESTADO DE LOS SERVICIOS CULTURALES	25
5.4. CONDICIONES Y TENDENCIAS DE LOS SERVICIOS EVALUADOS	27
6. IMPULSORES DIRECTOS DEL CAMBIO DE LOS ECOSISTEMAS DE MONTAÑA MEDITERRÁNEA.....	28
6.1. CAMBIOS DE USOS DE SUELO.....	28
6.2. CAMBIO CLIMÁTICO.....	28
6.3. CONTAMINACIÓN	29
6.4. ESPECIES INVASORAS.....	29
6.5. CAMBIO EN LOS CICLOS BIOGEOQUÍMICOS	29
7. ANÁLISIS DE COMPROMISOS (<i>TRADE-OFFS</i>) Y SINERGIAS	30
8. RESPUESTAS E INTERVENCIONES DE GESTIÓN	32
9. LA CONSERVACIÓN DEL ECOSISTEMA DE MONTAÑA MEDITERRÁNEA Y EL BIENESTAR HUMANO	33
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 9.1. Rasgos esenciales de cada tipo de ecosistema. Fuente: Bonet <i>et al.</i> (2010).....	15
Tabla 9.2. Tipos de servicios y ejemplos que proporciona la montaña mediterránea.....	19
Tabla 9.3. Indicadores, unidades y fuentes de información para la monitorización de los servicios de abastecimiento de los ecosistemas de la montaña mediterránea.....	21
Tabla 9.4. Indicadores, unidades y fuentes de información para la monitorización de los servicios de regulación de los ecosistemas de la montaña mediterránea.....	22
Tabla 9.5. Indicadores, unidades y fuentes de información para la monitorización de los servicios culturales de los ecosistemas de la montaña mediterránea.....	23
Tabla 9.6. Tendencias de los diferentes tipos de los servicios del ecosistema de montaña mediterránea.....	27
Tabla 9.7. Intensidad y tendencias de los impulsores directos de cambio más importante que afectan al flujo de servicios de ecosistema de la Montaña Mediterránea de España.....	30
Tabla 9.8. Ejemplo de compromisos o sinergias entre servicios de los ecosistemas de la montaña mediterránea de España.....	31

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 9.1. Principales representaciones de la alta montaña mediterránea en España. (Elaboración propia). 12	
Figura 9.2. Distribución porcentual de la superficie ocupada por los diferentes coberturas y usos del territorio según Corine en la alta montaña mediterránea. (Elaboración propia).....	13
Figura 9.3. Relación entre nº de especies y superficie en Sierra Nevada respecto al total nacional y europeo. (Elaboración propia).....	13
Figura 9.4. Evolución de diversas variables socioeconómicas. Fuente: Bonet <i>et al.</i> (2010).....	14
Figura 9.5. Tasa de cambio en la superficie de los distintos ecosistemas de montaña mediterránea desde 1956 a la actualidad en Sierra Nevada. Las barras indican la tasa de cambio (positiva en azul, negativa en morado), en términos de superficie de los distintos ecosistemas. Con flechas se indica la tendencia en el futuro y la magnitud estimada en base a simulaciones de distribución potencial de ecosistemas en los escenarios de cambio climático.....	16
Figura 9.6. Importancia relativa de los distintos tipos de servicios de los ecosistemas de la montaña mediterránea. Elaboración propia.....	18
Figura 9.7. Volumen de agua embalsada en Hm ³ en Sierra Nevada. Fuente: CMA.....	24
Figura 9.8. Cabaña ganadera en Sierra Nevada en 2007. Fuente: CMA.....	24
Figura 9.9. Evolución de la oferta de plazas de turismo rural en Sierra Nevada. Fuente: CMA.....	25
Figura 9.10. Nº de instalaciones de uso público en Andalucía. Fuente: CMA.....	26
Figura 9.11. Asociacionismo relacionado con la naturaleza (nº de asociaciones) en Sierra Nevada. Fuente: CMA.....	26
Figura 9.12. Ciclo de gestión adaptativa y análisis de los servicios de los ecosistemas. Adaptado de Aspizua <i>et al.</i> (2010).....	33
Figura 9.13. Esquema que explica cómo el sobrepastoreo en zonas concretas puede derivar en pérdidas de servicios de regulación y de tipo culturales.....	34
Figura 9.14. Este es un ejemplo de que el aumento de servicios de abastecimiento como el de extracción de áridos deriva en una disminución de servicios de regulación y de tipo cultural.....	34
Figura 9.15. La falta de relevo generacional, por la cada vez menor rentabilidad de las actividades tradicionales está derivando en la pérdida de importantes servicios de tipo cultural.....	35
Figura 9.16. Una deficiente regulación de ciertos servicios culturales puede derivar en una afección a los servicios de regulación.....	35

Figura 9.17. Un ejemplo en el que el cambio de uso del suelo, que conlleva un detrimento de servicios de abastecimiento potencial, puede generar servicios relacionados con una mayor resiliencia, y servicios de regulación..... 36

MENSAJES CLAVE

En esta evaluación preliminar de los servicios de los ecosistemas suministrados por el ecosistema de montaña mediterránea español se han observado en los últimos años una tendencia positiva clara sobre todo en los servicios de abastecimiento y culturales. Estos avances se han debido en gran medida a la baja accesibilidad de este ecosistema y al aumento de su protección legal (muy cierto). Al contrario, los servicios de regulación presentan una tendencia más heterogénea y en muchos casos negativa (certeza alta). Este resultado se debe principalmente a la explotación de servicios de abastecimiento, así como a los efectos del cambio climático, que podría alterar significativamente el débil equilibrio dinámico de las zonas de alta montaña mediterránea (certeza alta).

La biodiversidad, posiblemente el mayor capital natural de las zonas de montaña mediterránea, se encuentra en una situación delicada, y habrá que hacer esfuerzos dirigidos a conservarla para generaciones venideras. Actualmente amenazada, básicamente por el cambio global en general y el cambio climático en particular y su efecto en la conservación de la biodiversidad se debe de poner en el centro de mira del seguimiento y gestión de los servicios de este tipo operativo de ecosistema. Sin duda, parte de las amenazas las constituyen la explotación intensiva de otros servicios de abastecimiento (agua, minerales, madera, etc.) y culturales (como actividades deportivas de naturaleza) que habrá que regular y adaptar para compatibilizar ambos intereses (certeza alta).

Los servicios de abastecimiento suponen la base directa del mantenimiento de la actividad agraria y ganadera en zonas de montaña, que supone en ocasiones hasta el 40% de la economía local (muy cierto). Estas fortalezas que suponen los servicios de abastecimiento se ven contrarrestadas con la amenaza de la rentabilidad de estas actividades en la montaña: la edad media de los agricultores y ganaderos unida a los márgenes tan bajos con los que cuentan. Por ello, un decrecimiento en la aportación de estos servicios supondría a nivel práctico una condena a la desaparición de estas actividades tradicionales (certeza media).

El 54% (12 de 22) de los servicios de los ecosistemas de montaña mediterránea evaluados se están degradando o están siendo usados de manera insostenible. Los más afectados son los servicios de regulación (Regulación climática local y regional, regulación hídrica y de las perturbaciones naturales y control biológico) y los culturales (conocimiento ecológico local, y disfrute espiritual y religioso). Por el contrario, están mejorando los servicios de abastecimiento y los servicios culturales que responden a la demanda urbana (ecoturismo, educación ambiental) (muy cierto).

Los ecosistemas de montaña mediterránea han experimentado en los últimos 40 años una recuperación de cobertura vegetal y disminución del impacto humano agrícola, ganadero y minero por diversos motivos. Uno de ellos ha sido el abandono progresivo de algunas de estas actividades por el despoblamiento y la falta de relevo generacional, lo cual ha facilitado la regeneración natural de antiguas tierras de labor. Otro no menos importante es el aumento de la superficie protegida y la regulación de las actividades dentro de ella. Por último, la repoblación forestal ha sido un factor coadyuvante en esa recuperación (certeza alta).

1. Introducción

Los ecosistemas de montaña mediterránea, presentan una gran variedad de funciones. Gracias a éstas, proveen numerosos e importantes servicios o contribuciones al bienestar de la sociedad. Los diversos ecosistemas de montaña mediterránea desarrollan servicios tanto de abastecimiento, como culturales y de regulación.

Dentro de los de abastecimiento, destacan el aporte de agua y los relacionados con la alimentación. El aporte de materiales geóticos, paisaje y acervo genético son también muy importantes en términos cualitativos y cuantitativos. Entre los culturales destacan el conocimiento tradicional, la identidad cultural y sentido de pertenencia y el soporte para el turismo y las actividades recreativas. Los servicios de regulación, aunque no son tan perceptibles como los de abastecimiento y los culturales, son si cabe, más importantes que los anteriores. Servicios como los de almacenamiento de carbono, amortiguación de perturbaciones y regulación hídrica, del aire y morfosedimentaria tienen un importante papel en la montaña mediterránea.

Para el análisis de los servicios asociados a los ecosistemas de montaña mediterránea, inicialmente se ha descrito el sistema socioecológico (diferentes ecosistemas que lo conforman y medio socioeconómico). Tras exponer el estado actual del ecosistema, se han desglosado las funciones y servicios que provee la montaña mediterránea, para posteriormente analizar las tendencias en estos a través del estudio de los impulsores directos e indirectos de cambio. Por último, se detallan algunos casos de *trade-offs*, así como medidas de gestión asociadas y su relación con el bienestar humano.

2. Caracterización del sistema socioecológico montaña mediterránea

2.1. Descripción general del ecosistema

Los ecosistemas de montaña mediterránea, respecto al gradiente altitudinal, se desarrollan desde la cota inferior con formaciones esclerófilas (p.ej. encinares o rebollares), formaciones de coníferas como pinares o pinsapares, hasta cotas superiores con matorrales de alta montaña como piornales, enebrales y sabinares y finalmente pastos de alta montaña y zonas de alta pedregosidad como roquedos y canchales (Blanca López *et al.*, 2001). De esta manera, aunque la definición de otros ecosistemas se realiza atendiendo a una formación vegetal concreta, o con condiciones ambientales que determinan la distribución de ciertas formaciones vegetales, los ecosistemas de montaña son definidos en parte por los topónimos de las sierras que ocupan y en parte por la presencia de ciertas formaciones vegetales propias de estos ecosistemas. Es probable que en la delimitación de sistemas montañosos mediterráneos que aquí se propone se incluyan ecosistemas ya contenidos en otros sistemas tipo, como bosques de *Quercus* o de coníferas. Es decir, en los ecosistemas de la montaña mediterránea también hay bosques u otras formaciones vegetales ya contempladas en otros ecosistemas tipo.

Para tratar de minimizar los posibles solapamientos y con objeto de encuadrar en cierta medida los ecosistemas de montaña, hemos tratado de ser sistemáticos a la hora de definir su extensión geográfica, utilizando el criterio de considerar que los ecosistemas montañosos mediterráneos se encuentran a más de 1300 m de altitud sobre el nivel del mar. En cualquier caso, somos conscientes de que se trata de un límite subjetivo que varía al hacerlo la latitud.

Dentro del conjunto de la montaña mediterránea se definen una serie de ecosistemas atendiendo a los siguientes aspectos principales:

- Funciones presentes en los mismos y los posibles servicios que suministran. Se agrupan dentro del mismo tipo aquellos sistemas que sean homogéneos desde el punto de vista de las funciones y su capacidad de generar servicios.
- Relación con otras clasificaciones de ecosistemas, intentando que nuestra propuesta sea comparable con CORINE 2000 (EEA, 2000) y con la Directiva Hábitats de la Unión Europea.
- Aspectos relacionados con la gestión forestal. Hemos tenido en cuenta la gestión diferencial que se hace sobre distintos tipos de ecosistemas montañosos en la actualidad. En concreto nos referimos a los pinares de repoblación, que si bien no pueden ser considerados como hábitats (en sentido de la directiva) ocupan una gran superficie y son intensamente manejados en nuestro país.

Así pues, los distintos ecosistemas tipos que se establecen para la montaña mediterránea son:

2.1.1. Pastos húmedos de montaña (borreguiles y cervunales)

Se trata de pastos que pasan la mayor parte del año cubiertos de nieve y que se encuentran en posiciones topográficas cóncavas, por lo que tienden a acumular el agua del deshielo. Sobre estos lugares se desarrollan pastizales húmedos que tienen gran interés para la actividad ganadera de las zonas montañosas, sobre todo en verano.

2.1.2. Bosques naturales (pinares, acerales, robledales, encinares)

Aunque el contexto mediterráneo no permite hablar de bosques naturales en el sentido estricto de intactos o vírgenes, en las zonas montañosas encontramos un grado de naturalidad bastante elevado debido quizás a la dificultad del acceso.

Incluimos en este tipo todos los bosques autóctonos de la alta montaña mediterránea. Se han agrupado en una sola clase porque consideramos que todos ellos tienen funciones equivalentes en lo que al suministro de servicios se refiere. Dentro de esta categoría se incluyen desde los bosques autóctonos de coníferas (pinos de *P. sylvestris*, *P. nigra*, *P. pinaster*, pinsapares, etc.), los bosques de *Quercus* (encinares, alcornoques de montaña, quejigares y robledales, fundamentalmente), hasta acerales, tejedas, hayedos, serbales o abedulares en determinadas zonas.

2.1.3. Cultivos de montaña extensivos

En esta clase se incluyen los sistemas agrícolas y agroforestales de montaña como los mosaicos de cultivos (herbáceos y/o leñosos) con vegetación natural, asociaciones de frutales y cultivos o pastos de origen antrópico, huertas, olivares, etc., los cuales suelen estar próximos a las poblaciones o viviendas rurales.

2.1.4. Matorral de alta montaña (enebrales, brezales, sabinares, piornales)

Bajo esta denominación hemos incluido aquellas formaciones ocupadas por matorrales de porte almohadillado especialmente adaptadas a vivir inviernos con frecuente presencia de nieve y veranos extremadamente xéricos y calurosos. La estructura y dinámica de estas formaciones está íntimamente relacionada con los patrones de innivación, constituyendo una banda de vegetación entre el límite del árbol y el límite de la vegetación leñosa (García *et al.* 1999).

2.1.5. Matorrales de media montaña (retamares, tomillares, etc.)

Esta clase incluye todas las formaciones de matorrales mediterráneos termófilos, fruticadas, retamares, tomillares, genisteas, etc. propias de zonas con suelos pobres o degradados y una marcada sequía estival. Estos sistemas ocupan el 15 por ciento de la superficie de los ecosistemas de montaña mediterránea, después de los bosques de coníferas y la vegetación esclerófila según la distribución de los usos de CORINE en España.

2.1.6. Pastizales, roquedos y canchales de alta montaña

Este ecosistema engloba en realidad muchos tipos diferentes de sistemas naturales. Se conceptualiza este ecosistema genérico para incluir aquellos ecosistemas donde la producción primaria es notablemente baja debido a las duras condiciones ambientales imperantes (presencia de nieve, ausencia de suelo, presencia de rocas, etc.).

2.1.7. Repoblaciones de coníferas

Los pinares de repoblación son unas formaciones vegetales fruto de la gestión humana del territorio. Fueron implantados en buena parte de la Península Ibérica en las primeras décadas del siglo XX, como medida urgente para frenar intensos procesos erosivos provocados por la deforestación masiva que sufrían los montes ibéricos. Se estima que la superficie total ocupada por estas formaciones vegetales en la península ibérica es de 2.5 millones de hectáreas (Ortigosa Izquierdo, 1990).

2.1.8. Sistemas acuáticos

Bajo esta categoría se incluyen todas las aguas continentales existentes en los sistemas de montaña mediterránea, ríos y lagunas, así como la vegetación inmersa, flotante o circundante: carófitos bentónicos, vegetación hidrofítica, vegetación de riberas (juncales, carrizos, fresnos, alisos, sauces, chopos), etc.

2.2. Dominio geográfico.

Los ecosistemas de montaña mediterránea en España están presentes en las Sierras Béticas, Costeras del este, Sur y este del Sistema Ibérico y sur del Sistema Central. Sus condiciones abruptas y clima riguroso en comparación con las zonas más bajas suponen un límite determinante para el desarrollo de la vegetación.

El siguiente mapa (Fig. 9.1) muestra el dominio geográfico de este ecosistema, que tiene una superficie de unos 1.88 millones de hectáreas. En esta delimitación se encuentran los principales sistemas montañosos de la región mediterránea: Béticas (Sierra Nevada, Baza, Filabres, Cazorla etc.), Sistema Central (Gredos, Guadarrama, Gata, Somosierra, Ayllón, etc.), Sistema Ibérico (Sierras de Javalambre, Urbión, Demanda, Cebollera, etc.). Se han excluido las montañas litorales por su escasa altitud y por considerar que su dinámica ecosistémica está condicionada por procesos geóticos diferentes a las montañas más continentales (lluvias horizontales, brisas marinas, etc.).

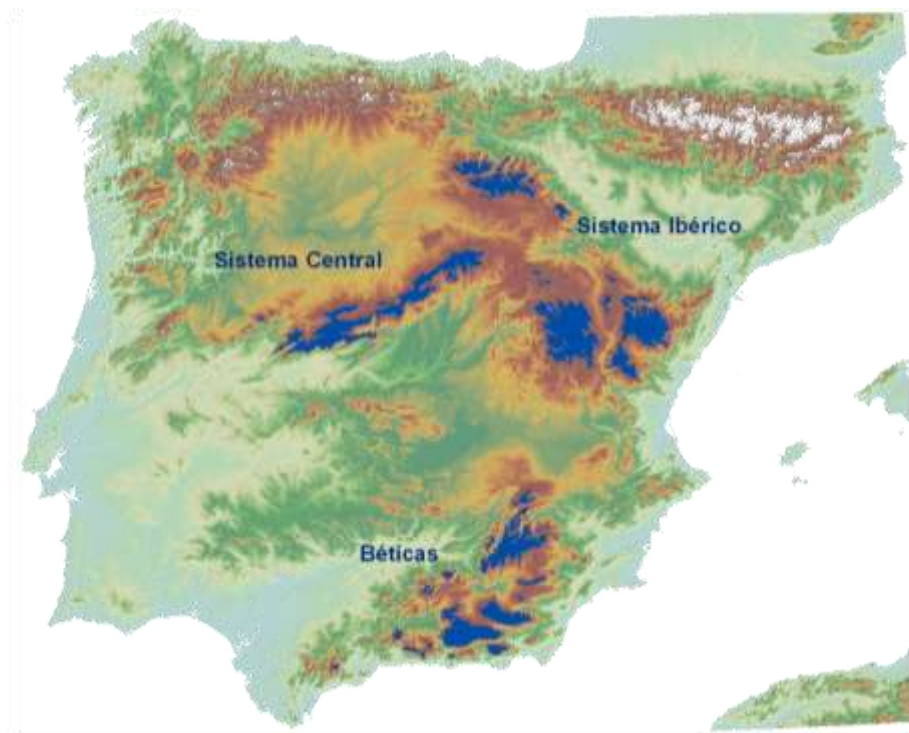


Figura 9.1. Principales representaciones de la alta montaña mediterránea en España. (Elaboración propia).

2.3. Principales características biofísicas.

Con objeto de realizar una primera caracterización de los ecosistemas principales presentes en las montañas mediterráneas, hemos realizado un análisis preliminar con el mapa de coberturas y usos del suelo del Corine. Esta caracterización nos ha permitido saber qué usos del suelo hay en estos ecosistemas montañosos y cuál es su extensión superficial. Observamos que son las áreas naturales las que componen la mayor proporción del ecosistema dejando a zonas urbanas una superficie marginal (Fig.

9.2). Dentro de las zonas naturales los bosques de coníferas ocupan una gran extensión (28%) siguiendo en importancia la vegetación esclerófila (24%). Respecto a las zonas agrícolas, su presencia es escasa (7%). Sin embargo, su importancia es sumamente relevante debido a la repercusión ampliamente positiva de la agricultura extensiva en la biodiversidad de las zonas de montaña (MacDonald *et al.*, 2000).

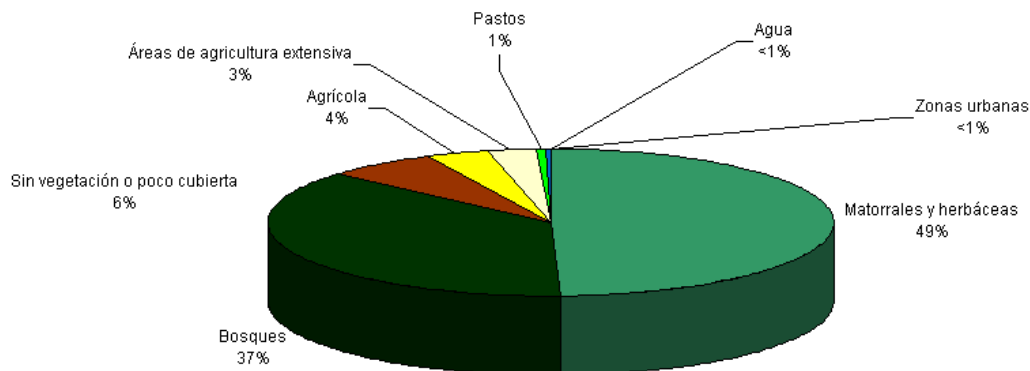


Figura 9.2. Distribución porcentual de la superficie ocupada por los diferentes coberturas y usos del territorio según Corine en la alta montaña mediterránea. (Elaboración propia).

Otra de las características más importantes está relacionada con el reservorio de biodiversidad que suponen, muy por encima de los valores relativos a escalas territoriales más amplias. Según la UICN (2008), la cuenca mediterránea es reconocida como un punto caliente de biodiversidad: su extraordinaria flora alberga de 15.000 a 25.000 especies, el 60% de las cuales son exclusivas de la región. Alrededor de un tercio de la fauna mediterránea es endémica. Hay un gran número de especies mediterráneas amenazadas. Hasta 2008, se han evaluado 1.912 especies de anfibios, aves, peces endémicos de agua dulce, cangrejos, mamíferos, libélulas y reptiles en la región Mediterránea. Alrededor del 19% de estas especies están amenazadas de extinción: 5% están En Peligro Crítico, 7% En Peligro y 7% son Vulnerables. Estas cifras, aunque referidas al mediterráneo a nivel global, hablan de la importancia de la biodiversidad en la montaña mediterránea. Sirva de ejemplo el caso de Sierra Nevada. En la Fig. 9.3 siguiente se representa la relación entre número de especies vegetales sobre la superficie del territorio.



Figura 9.3. Relación entre nº de especies y superficie en Sierra Nevada respecto al total nacional y europeo. (Elaboración propia).

2.4. Principales características socioeconómicas.

Con objeto de analizar tendencias en el ámbito socioeconómico en zonas de montaña mediterránea, se ha tomado un lugar de referencia (Sierra Nevada), y se han recabado datos de diversos indicadores. En la Figura 9.4 se puede observar la evolución de una serie de variables socioeconómicas desde 1980 hasta 2008. Destaca el aumento considerable del consumo energético frente al resto de variables. El nº de empresas y profesionales dados de alta en el IAE. (Impuesto de Actividades Económicas), no ha parado de aumentar en el entorno del ecosistema de montaña mediterránea. El nº de plazas de turismo rural aumentó significativamente, con el auge de visitas a espacios naturales, para luego regularse respecto a la demanda. El incremento de la emigración en la zona, mientras que la población se mantiene o incluso crece, sugiere una compensación provocadas por la inmigración unida al movimiento natural de la población (nacimientos – defunciones). Por otro lado la ruralización de los ecosistemas ha ido disminuyendo. Esto significa que cada vez se encuentran menos antropizados. Esto responde al abandono progresivo que han sufrido los espacios rurales en las últimas décadas.

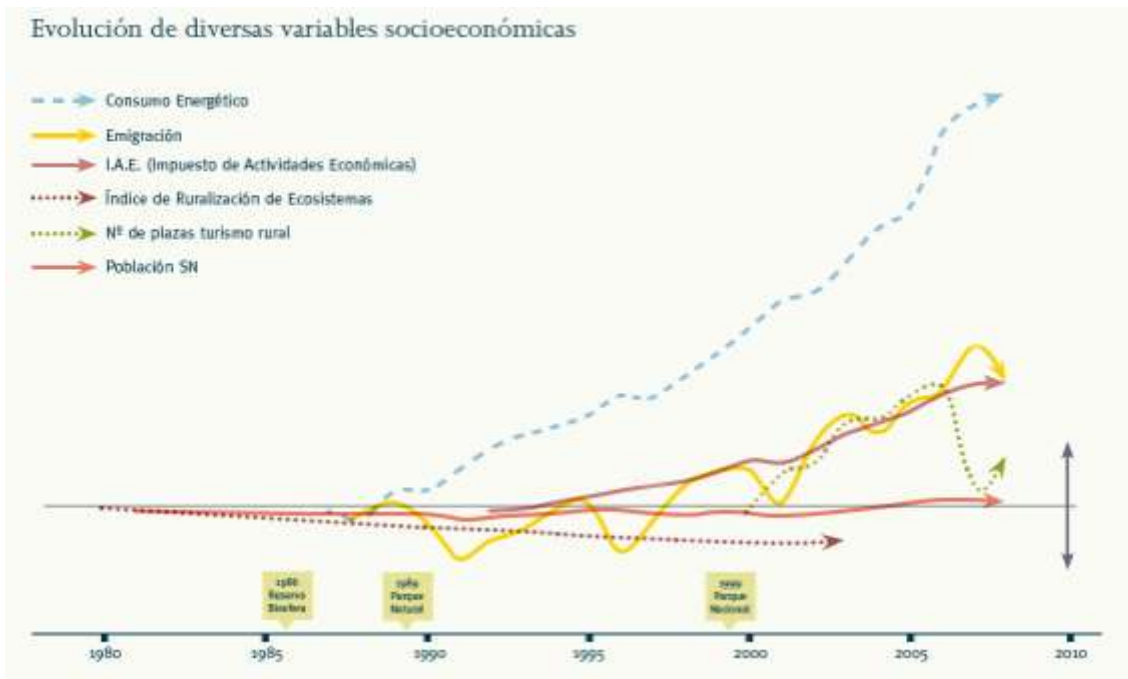


Figura 9.4. Evolución de diversas variables socioeconómicas. Fuente: Bonet *et al.* (2010).

3. Estado de conservación general del ecosistema de montaña mediterránea

Las tendencias en los cambios de los usos de suelo en la montaña mediterránea en los últimos 20 años no han sido considerables. Se observa una tendencia descendente en la superficie agrícola (2%) ligada en su mayor parte al despoblamiento y transformaciones en la política agraria (MacDonald *et al.*, 2000). Por otra parte, las zonas de vegetación natural han mantenido una superficie relativamente estable en comparación con las zonas antrópicas. Los cambios se centran principalmente en la evolución de las masas forestales, observándose un ligero ascenso de la proporción de bosques en detrimento de zonas de vegetación escasa o de matorral.

En la Tabla 9.1 se destacan los rasgos esenciales de cada tipo de ecosistema, así como los condicionantes para su distribución, para el caso concreto de estudio en Sierra Nevada.

Tabla 9.1. Rasgos esenciales de cada tipo de ecosistema. Fuente: Bonet *et al.* (2010)

Ecosistema	Rasgos esenciales que lo definen	Condicionantes en su distribución
Borreguiles	Engloban a los pastizales edafohigrófilos, comunidades propias de arroyos, fuentes, turberas y aguas nascentes.	Tienen una gran importancia a escala paisajística y por sus aprovechamientos ganaderos. Su distribución está condicionada por el acúmulo de agua procedente de la nieve.
Pastizales de alta montaña	La formación vegetal dominante son los pastos de alta montaña (<i>Poaceae</i> , <i>Resedaceae</i> , etc.)	La cubierta de nieve, el viento y otros factores abióticos son los principales condicionantes de su dinámica ecológica.
Bosques naturales	Los bosques naturales de son los formados por encinares, melojares (<i>Quercus pyrenaica</i>), acerales, pinares autóctonos, etc.	La sobreexplotación de estos bosques en el pasado ha condicionado su distribución actual.
Matorrales de alta montaña	Este ecosistema está formado por arbustedas almohadilladas, enebrales y matorrales de alta montaña.	Su distribución parece estar condicionada por la cubierta de nieve y por otros factores abióticos.
Matorrales de media montaña	Matorrales compuestos principalmente por especies aromáticas (<i>Rosmarinus</i> , <i>Thymus</i>) y algunas especies pirófitas (<i>Ulex</i> , <i>Cistus</i> , etc.)	Su dinámica ecológica está determinada por los fuegos recurrentes y por la herbivoría.
Pinares de repoblación	Fueron plantados entre 1930 y 1980 para minimizar la pérdida de suelo en áreas deforestadas.	Actualmente están siendo reemplazadas por vegetación natural gracias a actuaciones de gestión adaptativa.
Sistemas acuáticos	Ríos de montaña, lagos glaciares, acequias, bosques de ribera, etc.	Gran parte del agua que transportan vienen del deshielo en primavera y verano.

Como se observa en la Figura 9.5, ecosistemas como los bosques naturales, matorrales de alta montaña, y bosques de coníferas han aumentado su superficie desde el año 1956 hasta la actualidad. No obstante, por diversas razones (cambio climático, una creciente matorralización y gestión adaptativa de las masas de pinares), la tendencia en el futuro es hacia una disminución de su área de ocupación.

Borreguiles y pastizales de alta montaña han sufrido una disminución y seguirán sufriendola según la distribución potencial en base a los escenarios de cambio climático.

Este tipo de datos son esenciales con objeto de plantear una gestión activa de los servicios asociados a los ecosistemas de montaña mediterránea.

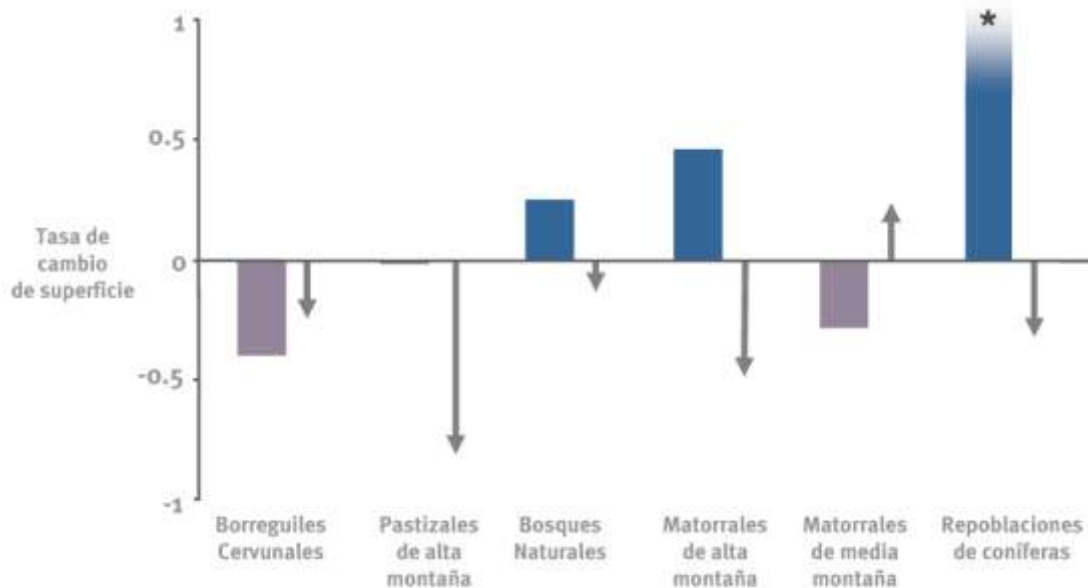


Figura 9.5. Tasa de cambio en la superficie de los distintos ecosistemas de montaña mediterránea desde 1956 a la actualidad en Sierra Nevada. Las barras indican la tasa de cambio (positiva en azul, negativa en morado), en términos de superficie de los distintos ecosistemas. Con flechas se indica la tendencia en el futuro y la magnitud estimada en base a simulaciones de distribución potencial de ecosistemas en los escenarios de cambio climático.

*: Reducción de superficie en pinares de repoblación debida a las actuaciones de manejo que se llevan a cabo para transformarlos en masas mixtas de quercíneas y pinos. Elaboración Propia. Fuente de datos: Bonet *et al.* (2010). Benito de Pando (2008, 2009). Benito de Pando *et al.* (2011).

La montaña mediterránea se puede considerar con un alto grado de protección. De la superficie total del ecosistema de montaña mediterránea, que se encuentra en torno al 1,8 millones de ha, el 25% se encuentra protegido con alguna Figura 9.de protección con categoría de la UICN (EUROPARC-España, 2007). Este porcentaje asciende hasta el 95% si se consideran todas las propuestas confeccionadas para establecer la Red Natura 2000 de la Unión Europea (EEA, 2010) lo cual sugiere la importancia de estas áreas como elementos clave para mantener en el tejido natural del territorio.

4. Servicios suministrados. Métodos de evaluación y fuente de datos

Los servicios suministrados por los ecosistemas de la montaña mediterránea son muy diversos e importantes cuantitativamente. El capital natural de los ecosistemas montañosos es muy significativo. Las funciones de producción son muy altas en ecosistemas como bosques naturales, matorral, pastos y bosques de repoblación. Las funciones de información son muy importantes en los borreguiles, bosques naturales, matorrales, pastos y ecosistemas acuáticos, que juegan a su vez un papel muy importante en lo que a funciones de hábitat se refiere. En la Fig. 9.6 se refleja la importancia de diversas funciones en los ecosistemas de montaña mediterránea.

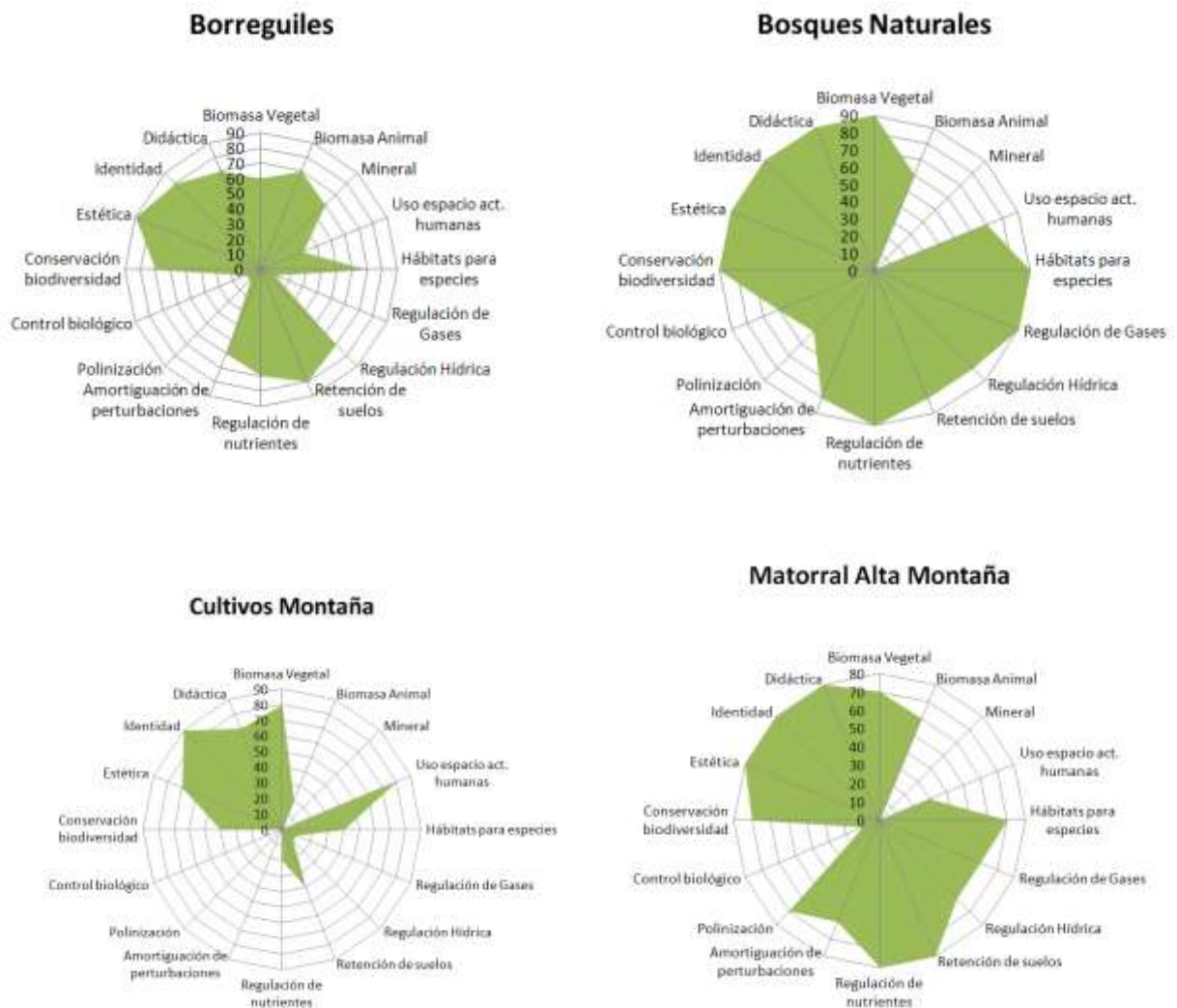


Figura 9.6. Importancia relativa de las distintos tipos de servicios de los ecosistemas de la montaña mediterránea. Elaboración propia. (Continúa en la página siguiente).

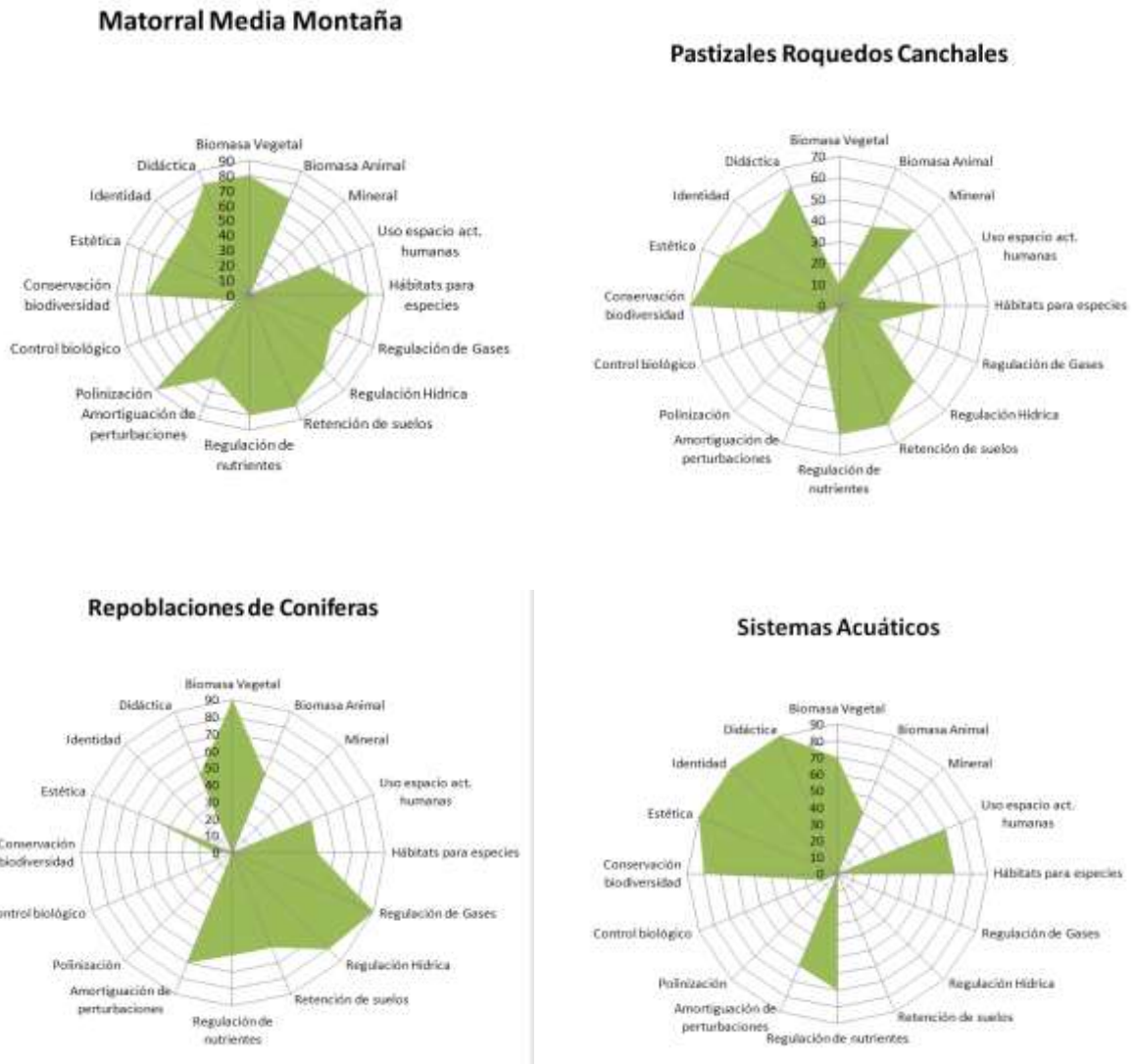


Figura 9.6. Importancia relativa de las distintos tipos de servicios de los ecosistemas de la montaña mediterránea. Elaboración propia.

Las funciones de estos ecosistemas son tan diversas que dan lugar a una serie de servicios que se presentan a continuación en forma de tabla, detallando algunos ejemplos concretos para cada tipo (Tabla 9.2.). Destacan por su importancia los servicios de abastecimiento de alimentación, que suponen el sustento para gran parte de la población humana. Los servicios culturales, relacionados con el conocimiento tradicional y las actividades recreativas y turismo de naturaleza son, al igual que los de alimentación, los más visibles y de repercusión más directa. Son, con toda seguridad los más percibidos y valorados por la población local de la montaña mediterránea. No obstante, los servicios de regulación son tan importantes o más que los anteriores, destacando los servicios de amortiguación de perturbaciones, de regulación hídrica y morfosedimentaria.

Tabla 9.2. Tipos de servicios y ejemplos que proporciona la montaña mediterránea.

Tipo	Servicios	Definición	Ejemplos		
Abastecimiento	Alimentación	Uno de los servicios más fácilmente evaluables es el que se traduce en producción de bienes relacionados con la alimentación.	Producción de Miel		
			Ganado Bovino		
			Ganado Ovino		
			Ganado Caprino		
			Especies alimentarias		
	Agua de calidad	El agua que aportan los ecosistemas de montaña mediterránea, de gran calidad, es uno de los servicios de abastecimiento más importantes que nutren aspectos muy amplios que van, desde el consumo hasta la configuración del paisaje.	Producción de setas		
			Agua para consumo humano		
			Producción de agua mineral natural o de manantial de montaña		
			Agua para uso agrícola		
			Agua para recreo y turismo		
Tejidos, fibras y otros materiales bióticos	El abastecimiento de materias primas de este tipo es la base de un importante nº de actividades en las zonas rurales de montaña.	Mantenimiento de fuentes y manantiales			
		Plantas aromáticas y medicinales			
		Producción madera			
		Empresas con marcas productos naturales			
Espacio-paisaje	Uno de los servicios en los que puede resultar más difícil establecer las interrelaciones que se producen en el sistema socioecológico, pero de un valor fundamental.	Superficie forestal			
Regulación	Almacenamiento de carbono	El papel de regulación climática, hídrica, morfosedimentaria es de gran importancia para las condiciones de vida de la población que vive en estas áreas de montaña.	Soporte para el turismo. Disfrute de la población.		
			Fijación de carbono		
			Superficie forestal incendiada		
			Recurrencia de incendios		
			Recurrencia de grandes incendios (>500 ha)		
Regulación climática local y regional	Regulación hídrica	Regulación morfosedimentaria	Amortiguación de las temperaturas por cubierta forestal		
			Amortiguación inundaciones por cubierta vegetal		
			Calidad del agua		
			Disminución de la erosión		
Culturales	Conocimiento científico	La investigación básica referente a los ecosistemas cada vez es más profusa. El reto consiste ahora en generar investigación útil para la gestión de los mismos.	Desarrollo de suelos		
			Artículos científicos publicados sobre ecosistemas de montaña mediterránea en España		
			Actividades recreativas	Las actividades recreativas de la población cercana, así como del turismo, cada vez está más ligada a los entornos naturales entre los que la montaña es uno de los destinos preferidos.	Visitas al Espacio Natural
					Turismo rural
					Turismo activo
Actividades en áreas recreativas					
Caza	Pesca deportiva	Caza			

Tipo	Servicios	Definición	Ejemplos
			Instalaciones de uso público (centros de interpretación, senderos acondicionados, jardines botánicos)
	Disfrute estético y espiritual	El servicio de tipo estético y espiritual del que nos provee la montaña mediterránea es el gran responsable del éxito del turismo de naturaleza que tanta riqueza genera.	Visitantes
	Conocimiento ecológico tradicional	Quizás se trata de uno de los servicios más vulnerables y con un mayor riesgo de desaparecer en el corto o medio plazo. Posiblemente el escaso o nulo relevo generacional está detrás de esta tendencia.	Equipamientos de carácter etnológico para el turismo (museos, aulas de interpretación)
			Ganado autóctono
			Variedades locales de cultivos
Restos arqueológicos: número ponderado por el estado de conservación			
		Marcas de denominación de origen	
Identidad cultural y sentido de pertenencia	El ecosistema de montaña mediterránea ha modelado la cultura y creado un sentido de pertenencia al medio de la gente que lo habita.	Mantenimiento de profesiones tradicionales	
		Uso de lenguaje y cultura locales	
		Arquitectura tradicional	
Educación ambiental	El soporte para la educación que supone este ecosistema es ideal para inculcar, a través de la educación ambiental, valores y comportamientos de respeto a la naturaleza.	Educación Ambiental	

Para el monitoreo del estado de los diversos servicios ofrecidos por la montaña mediterránea, se presenta una propuesta de indicadores, la unidad utilizada y la fuente de datos desde donde nutrir de información al seguimiento de los mismos (Tabla 9.3.).

Tabla 9.3. Indicadores, unidades y fuentes de información para la monitorización de los servicios de abastecimiento de los ecosistemas de la montaña mediterránea.

Tipo de servicio	Subtipo	Indicador	Unid.	Fuente
Abastecimiento	Alimentación	Producción de pacharán	litros	Administración de Comercio, Turismo y Deporte
		Producción de Miel	kg	Administración de Comercio, Turismo y Deporte
		Producción de Cera	kg	Administración de Comercio, Turismo y Deporte
		Cotos de pesca	Nº	Federación Española de Pesca
		Cotos de caza	Nº	Federación Española de Caza
		Ingreso institucional por caza acecho	€	Administración ambiental
		Nº de UGM de Bovino	Nº	Administración ganadería
		Nº de UGM de Ovino	Nº	Administración ganadería
		Nº de UGM de Caprino	Nº	Administración ganadería
	Agua	Consumo de agua	litros/habitante	Encuesta de Infraestructura y equipamientos locales
		Calidad del agua. Nº de cursos con calidad deficiente	Nº	Administración ambiental
		Producción de agua mineral natural o de manantial de montaña	Nº plantas embotelladoras / Mill litros	Asociación Nacional de Empresas de Aguas de Bebida Envasada (ANEABE)
	Tejidos, fibras y otros materiales bióticos	Comercios de artesanía	nº de comercios de artesanía/nº de plazas turísticas	Consejería de Comercio, Turismo y Deporte
		Producción de lana	Tm	Administración ganadería
		Producción madera	Tm	Administración ambiental
		Nº marcas productos naturales	Nº	Asociaciones
	Materiales de origen abiótico	Comercialización de Piedra Natural	Tm	Empresas del sector
	Energía	Producción eléctrica hidráulica	Kw	Empresas del sector
		Producción de energía eólica	Kw	Empresas del sector
		Producción de energía solar fotovoltaica	Kw	Empresas del sector
Producción de energía solar térmica		Kw	Empresas del sector	

Tabla 9.4. Indicadores, unidades y fuentes de información para la monitorización de los servicios de regulación de los ecosistemas de la montaña mediterránea.

Tipo de servicio	Subtipo	Indicador	Unid.	Fuente
Regulación	Almacenamiento de Carbono	Biomasa forestal	Tm	Inventario forestal (indicador gestión forestal sostenible), teledetección
	Reg. Climática	Superficie forestal / Superficie total	Adimensional	Mapa de vegetación CORINE
	Reg. Hídrica y Depuración del agua	Superficie forestal / Superficie total	Adimensional	Mapa de vegetación CORINE
		Superficie cubierta por nieve.	Km ²	Teledetección
		Infiltración agua de lluvia	Hm ³	Modelos hidrológicos
		Nivel erosivo	Tm/ha	Modelos de Erosión – RUSLE
	Reg. Morfo-sedimentaria y control de la erosión	Utilización de fertilizantes	Tm	Asociación Nacional de fabricantes de Fertilizantes
	Reg. de Suelo y Nutrientes, Form. y Fert. de Suelos	Nivel de desertificación	Adimensional	Modelos de Erosión
		Recurrencia de inundaciones	Nº riadas/tiempo	Administraciones ambientales de gestión del agua
	Amortig. de Perturbaciones	Superficie incendios	Ha/año	Administraciones ambientales, MARM
		Recurrencia de incendios	Nº incendios/tiempo	Administraciones ambientales, MARM
		Gastos en indemnizaciones por grandes catástrofes	Mill €	Administración estatal y autonómica
		Gastos en Seguro agrario	Mill €	Entidades aseguradoras
		Superficie protegida	Km ²	Administraciones ambientales
	Biodiversidad	Especies amenazadas. Sumatorio del grado de amenaza (cuantificado) de cada especie	Adimensional	Libro rojo, Administraciones ambientales
		Uso de pesticidas	Tm/tiempo	Administraciones agricultura, Asociaciones productores
		Especies exóticas	Nº	Administraciones ambientales
		Presupuesto institucional lucha de plagas	Mill €	Administración agricultura
		Biomasa forestal	Tm	Inventario forestal (indicador gestión forestal sostenible), teledetección

Tabla 9.5. Indicadores, unidades y fuentes de información para la monitorización de los servicios culturales de los ecosistemas de la montaña mediterránea.

Tipo de servicio	Subtipo	Indicador	Unid.	Fuente
Culturales	Actividades Recreativas	Nº de visitantes a Centros de Recepción en el ENP	Nº	Administraciones ambientales
		Nº de infraestructuras por tipo	Nº	Administraciones ambientales
		Nº de Turistas	Nº	Administración de Turismo
		Nº de Turistas extranjeros	Nº	Administración de Turismo
		Percepción del Turista	Dimensiones en la percepción del turista del ENP	Trabajo de campo
		Ingresos por turismo	€	Administración de Turismo
	Conocimiento Tradicional	Uso Tradicional del agua	Nº de agricultores	Comunidad de Regantes
	Disfrute Estético y Espiritual	Instalaciones de uso público (centros de interpretación, senderos acondicionados, jardines botánicos)	Nº	Administraciones ambientales
		Visitantes	Nº	EENNPP
		Superficie protegida	Km ²	Administraciones ambientales
		Superficie natural / Densidad población. Ratio menor indica una valor mayor de disfrute por parte de la población	Adimensional	Estadística – Censos
	Educación Ambiental	Nº de Participantes en Educación Ambiental	Nº	Administración Ambiental, Parque nacional, Ayuntamientos, Asociaciones
		Inversión en actividades de Educación Ambiental	€	Administración Ambiental, Parque nacional, Ayuntamientos, Asociaciones
	Identidad cultural y Sentido de Pertenencia	Diversidad de razas autóctonas de ganado considerando el número de razas y el de cabezas	Adimensional	Oficinas comarcales agrarias
		Nº de marcas de denominación de origen	Nº	Oficinas comarcales agrarias
		Variedades locales de cultivos	Nº, superficie y producción	Oficinas comarcales agrarias
		Empresas de artesanía	Nº y producción	Cámaras de comercio
		Restos arqueológicos: número ponderado por el estado de conservación	Nº	Diputaciones provinciales y Consejerías de cultura
		Nº de Infraestructuras tradicionales restauradas (molinos de agua, de viento, eras, museos tradicionales, aguas termales)	Nº y volumen de visitas	Diputaciones provinciales y Consejerías de cultura
		Índice de abandono. Poblaciones con tendencias poblacionales negativas	Nº	Estadística - Censos

5. Condiciones y tendencias de los servicios evaluados

5.1. Estado de los Servicios de Abastecimiento

El agua aportada por los ecosistemas de montaña destaca por la cantidad pero sobre todo por la gran calidad de las mismas. Respecto a los incluidos dentro del conjunto de abastecimiento, los servicios presentan una tendencia alcista o estable tanto del uso humano como de su mejora según los indicadores que los evalúen. Considerando el agua como un servicio de abastecimiento fundamental para el bienestar de la población, los ecosistemas de montaña mediterránea presentan unas características excepcionales que en los últimos años han ido mejorando. Las montañas mediterráneas suponen auténticas fuentes de servicios de abastecimiento de agua con una calidad excepcional. Esta calidad se demuestra en el mantenimiento de una buena calidad biológica y en el incremento de la producción de agua mineral. Del mismo modo la cantidad de agua disponible para el ser humano ha ido en aumento a través de los embalses y captaciones (Fig. 9.7). Por contra, el consumo de agua en el área de influencia está suponiendo una degradación del servicio ya que las cotas alcanzadas están en el límite de su capacidad y pueden llegar a suponer un peligro para la viabilidad de ecosistemas de cotas más bajas.

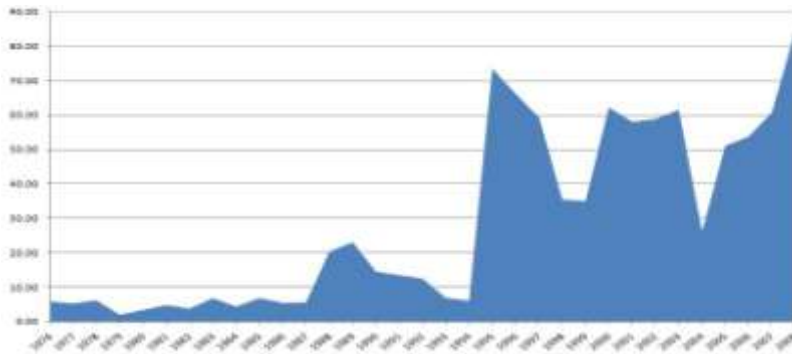


Figura 9.7. Volumen de agua embalsada en Hm³ en Sierra Nevada. Fuente: CMA.

Únicamente en Sierra Nevada se produjo en el año 2009 6.235 m³ de madera y 171.850 kg de plantas aromáticas y medicinales (CMA, 2010). El incremento también se observa en el servicio de tejidos, fibras y otros materiales bióticos. Los dos productos valorados, recolección de plantas y producción maderera han tenido un incremento en los últimos años (Fernández *et al.*, 2007). En el caso de producción maderera, este incremento no está del todo equiparado con el incremento de superficie forestal. Esta variación se podría deber a la recuperación de las masas forestales que se está observando en toda Europa y a la utilización de servicios de abastecimiento madereros no convencionales como puede ser para biomasa. Los servicios de abastecimiento son sumamente importantes en la montaña mediterránea ya que es del propio uso humano con el que se mantienen ciertos procesos naturales y se potencia la biodiversidad. Así, la cabaña ganadera está ampliamente adaptada al sistema abrupto característico de la montaña mediterránea consiguiendo obtener altas cotas de sostenibilidad (Fig. 9.8). En contraposición a lo que ocurre con el agua y materiales bióticos, el servicio de alimentación y paisaje presenta una tendencia estable. Para el servicio de alimentación, en el caso de Sierra Nevada, se podría decir que el control y ordenación del espacio protegido ha propiciado la regulación de los usos y aprovechamientos con lo que se ha mantenido en los últimos años la producción ganadera y melífera. Esta tendencia posiblemente sea similar en el resto del ecosistema ya que en los últimos años se ha desarrollado una normativa cada vez más restrictiva así como se ha protegido y regulado la gran mayoría del ecosistema (95% del ecosistema se encuentra dentro de la Red Natura 2000).



Figura 9.8. Cabaña ganadera en Sierra Nevada en 2007. Fuente:CMA.

5.2. Estado de los servicios de Regulación

Las zonas de montaña mediterránea son verdaderos reservorios de biodiversidad que están en peligro por su condición de zona límite altitudinal. Los servicios de regulación, en los que la biodiversidad juega un papel esencial en su suministro, han sufrido un retroceso en mayor medida en los últimos años en comparación con los de abastecimiento. De especial atención es el cambio en la biodiversidad. Aunque se podría decir que el ecosistema de montaña mediterránea se caracteriza por una alta biodiversidad (p.ej. de 7500 especies de plantas en España, 2100 se encuentran en Sierra Nevada) las tendencias en los últimos treinta años son negativas. Esto es debido al aumento del grado de amenaza de numerosas especies que encuentran en las zonas de montaña su último reducto y en algunos casos (sobre todo en medio acuáticos) a la invasión de especies alóctonas. Sin embargo los esfuerzos para invertir esta tendencia son también claros ya que la superficie protegida del ecosistema ha aumentado considerablemente en los últimos treinta años hasta casi completar su extensión. En el resto de servicios de regulación la tendencia es diversa. En general se observa que aunque la superficie forestal no haya aumentado considerablemente sí que lo ha hecho la biomasa forestal. Este aumento tiene impactos positivos en la regulación climática a través del secuestro de carbono que amortiguaría la subida de las temperaturas y a través de la amortiguación de las inundaciones por una mayor tasa de interceptación.

5.3. Estado de los Servicios Culturales

En los últimos cinco años, las instalaciones para el disfrute de la naturaleza han aumentado un 165%. Dentro de los servicios de tipo cultural, existen diversas tendencias dependiendo del ámbito, aunque la general es al aumento (Fig. 9.10). Los servicios relacionados con el uso recreacional del espacio han ido creciendo, en parte por la cada vez mayor oferta de actividades e instalaciones, que ha llevado al fortalecimiento y consolidación del turismo rural, tanto nacional como internacional (Fig. 9.9). Las visitas al espacio natural parecen reducirse, aunque esto es debido a una dificultad relacionada con la medición del nº de visitas en unos entornos tan abiertos como los ecosistemas de montaña. El uso de centros de visitantes como indicador de las entradas a estos espacios no es quizás el más acertado, dado que únicamente es visitado por una porción de los turistas que acceden por primera vez al espacio natural, o dicho de otra manera, la persona que vuelve al espacio natural y que ya ha visitado el centro de recepción, no vuelve a visitarlo.

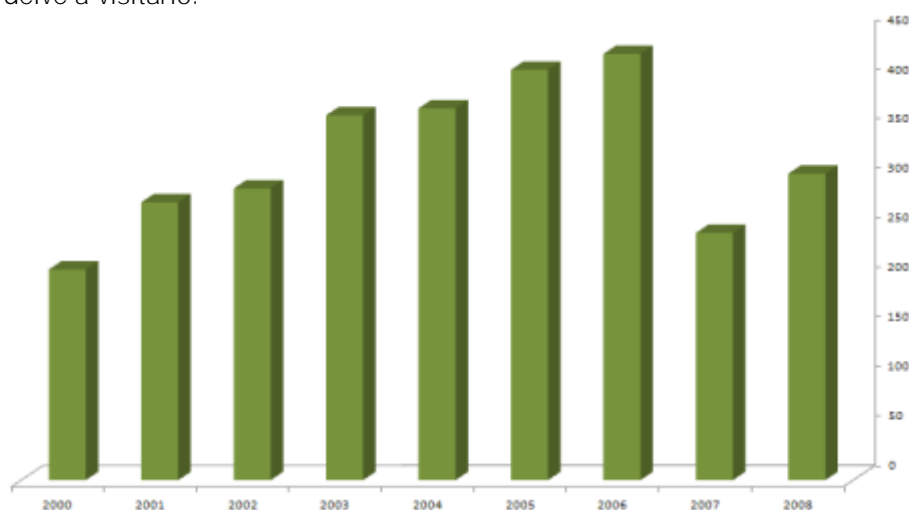


Figura 9.9. Evolución de la oferta de plazas de turismo rural en Sierra Nevada. Fuente: CMA.

De especial mención es el turismo relacionado con el esquí, que si bien sigue en aumento en cuanto al uso, éste no se produce por una mejor productividad de los recursos suelo, nieve, agua y energía existentes (Fernández *et al.*, 2007). Al contrario, se debe a un consumo cada vez mayor de servicios de abastecimiento, sobre todo de energía y agua para contrarrestar los efectos del cambio global, a través de cañones de innivación artificial. Respecto a los servicios relacionados con el conocimiento tradicional existe un pulso entre el abandono del cultivo local, que dejó hace mucho tiempo de ser rentable frente a

la producción agrícola intensiva, sobre todo bajo invernaderos, e iniciativas desde diversos estamentos sociales (Universidades, asociaciones, pequeños agricultores), que trabajan para la recuperación y cultivo de estas especies. Los ecosistemas de montaña, entre ellos lo de la montaña mediterránea, juegan un papel muy importante como soporte a las actividades de educación ambiental. Este tipo de servicios sigue en auge, tanto en nº de participantes como en inversiones realizadas por las distintas administraciones.

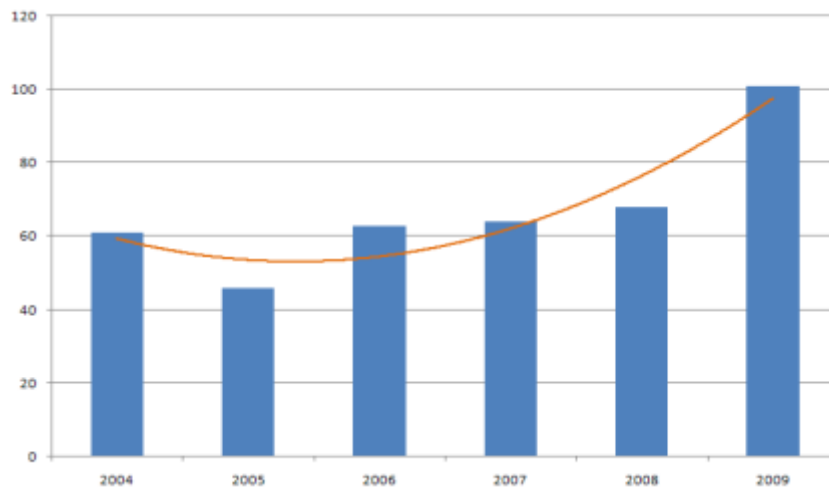


Figura 9.10. Nº de instalaciones de uso público en Andalucía. Fuente: CMA.

Por último, el aumento considerable del grado de asociacionismo y de eventos ligados a la cultura y tradiciones reflejan un incremento en los servicios de sentido de pertenencia al espacio de montaña mediterráneo por parte de su población (Fig.11). Estas sociedades hacen esfuerzos notables por recuperar los servicios ligados a este ámbito y convertirlos en servicios culturales atractivos. No obstante, el desafío en estas zonas sigue siendo evitar el despoblamiento y envejecimiento de la población de estas áreas naturales.

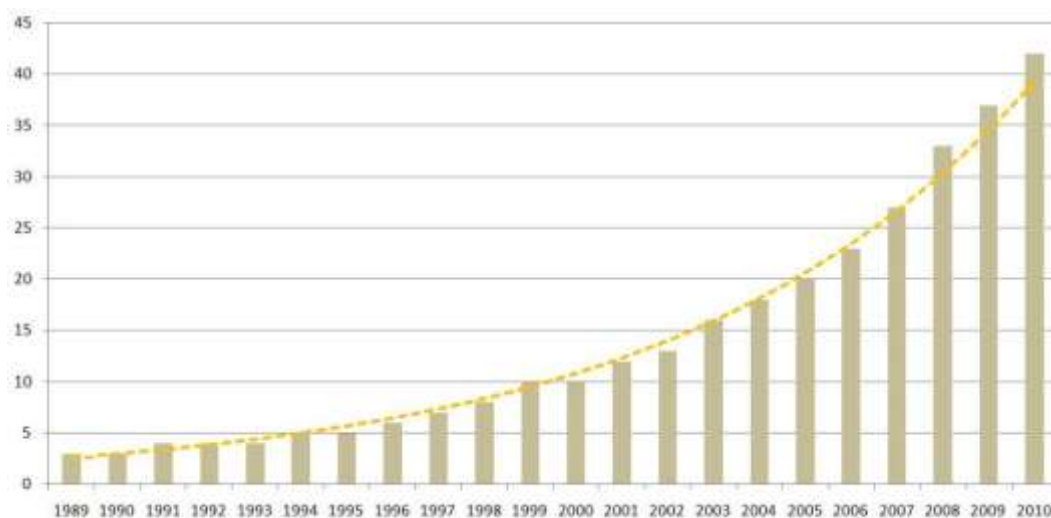






Figura 9.11. Asociacionismo relacionado con la naturaleza (nº de asociaciones) en Sierra Nevada. Fuente: CMA.

5.4. Condiciones y tendencias de los servicios evaluados

Las tendencias, analizadas en líneas generales, son de aumento en los servicios de abastecimiento, de reducción en los servicios de regulación y dispares en el caso de los culturales. En esta última cuestión, se observa un aumento de la educación ligada a estos espacios, así como del uso de los mismos para actividades de tipo turístico-recreativo. No obstante, como se desarrolla en el apartado 7 de análisis de compromisos (*trade-offs*) y sinergias, las opciones de mantenimiento de los valores y conocimientos culturales heredados de generación a generación en la población local de la montaña mediterránea son cada vez menores.

Tabla 9.6. Tendencias de los diferentes tipos de los servicios del ecosistema de montaña mediterránea.

Tipo	Servicio	Tendencia e importancia
Abastecimiento	Agua	↑
	Alimentación	↑
	Tejidos, fibras y otros materiales bióticos	↗
	Materiales origen geótico	↔
	Energía	↗
	Reserva genética	↓
Regulación	Almacenamiento de Carbono	↑
	Amortiguación de perturbaciones	↔
	Regulación climática local y regional	↘
	Regulación hídrica	↘
	Regulación morfosedimentaria	↔
	Regulación del aire	↔
	Fertilidad del suelo	↗
	Control biológico	↓
Polinización	↔	
Culturales	Actividades recreativas	↗
	Conocimiento tradicional	↘
	Contribución de los ecosistemas al aumento del conocimiento	↗
	Valor espiritual y religioso	↔
	Paisaje-Servicio estético	↔
	Educación	↑
	Identidad cultural y sentido de pertenencia	↗

	Alto
	Medio-Alto
	Medio-Bajo
	Bajo

↑	Mejora del servicio
↗	Tendencia a mejorar
↔	Tendencia mixta
↘	Tendencia a empeorar
↓	Empeora el servicio

6. Impulsores directos del cambio de los ecosistemas de montaña mediterránea

Según el análisis cualitativo desarrollado sobre los impulsores directos de cambio, se observa que los impulsores principales que afectan a los servicios del ecosistema de montaña mediterránea son los cambios de uso de suelo y el cambio climático. Aunque si bien se ha demostrado que la tendencia de la evolución de usos del suelo es a estabilizarse, numerosos procesos y elementos indispensables en el suministro de servicios están supeditados a la permanencia de ciertos tipos de vegetación clave, como es el caso de la masa arbórea. Por otra parte, el cambio climático puede afectar seriamente a determinados elementos, como por ejemplo la biodiversidad. En este sentido especies endémicas de altas cumbres están altamente condicionadas por el futuro ascenso de las temperaturas ya que se espera una drástica reducción de su distribución (Beniston, 2003). El resto de impulsores tienen un papel importante pero restringido a ciertos aspectos concretos, como es el caso de las especies invasoras que pueden originar problemas especialmente en los sistemas acuáticos de montaña (Bosch *et al.*, 2006).

6.1. Cambios de usos de suelo

Gran parte de los procesos observados en las cubiertas vegetales en el último siglo son debidos a cambios en el manejo forestal y los usos tradicionales del suelo (Dale, 1997). Los cambios en la vegetación no se deben exclusivamente al cambio climático, ya que hay otros impulsores del cambio que pueden tener consecuencias iguales o superiores en la distribución de la vegetación, y que pueden actuar sinérgicamente con el cambio climático (Sala *et al.*, 2000, Matesanz *et al.*, 2008). Esta situación se da especialmente en los ecosistemas mediterráneos, donde ha habido una larga historia de manejo humano durante milenios, por lo que los cambios de uso del territorio aparecen como el principal motor de cambio. De hecho, los cambios de uso del territorio derivados de las actividades humanas pueden exacerbar o atenuar las respuestas al cambio climático (Matesanz *et al.*, 2008). El abandono de usos y aprovechamientos tradicionales unido al incremento de los espacios protegidos ha propiciado un proceso de revegetación generalizado en las áreas de montaña, lo cual se traduce en incremento de servicios de abastecimiento y regulación pero también en una disminución de la diversidad paisajística y biológica. Se está perdiendo un importante legado cultural de economía sostenible. Además la expansión de los bosques es debida fundamentalmente a las repoblaciones y a la reproducción vegetativa de especies rebrotadoras como las quercíneas, por lo que en la mayoría de los casos encontramos estructuras coetáneas, de baja diversidad de especies y por tanto con escasa resiliencia frente a cambios climáticos o perturbaciones.

6.2. Cambio climático

La distribución geográfica de las plantas está fuertemente condicionada por el clima. Recientemente se ha documentado que el cambio climático está alterando una gran variedad de procesos biológicos, como la fenología (Parmesan y Yohe, 2003, Menzel *et al.*, 2006, Gordo y Sanz, 2010), el crecimiento y la producción (Nemani *et al.*, 2003) y las interacciones ecológicas (Hughes 2000, Suttle *et al.*, 2007). Estos cambios a escala individual y poblacional pueden generar cambios en el área geográfica de las especies, provocando una reorganización espacial de las comunidades (Lovejoy y Hannah, 2005). De hecho, muchos cambios en el área de distribución de las especies, así como procesos de extinción local, han sido bien documentados en un amplio abanico de organismos en relación con el cambio climático (Parmesan y Yohe, 2003, Parmesan 2006). Precisamente una de las respuestas bióticas más evidentes derivadas del calentamiento global son los desplazamientos latitudinales y altitudinales de las especies y comunidades para poder continuar en el rango de condiciones climáticas que les son más propicias (Allen y Breshears, 1998, Jump *et al.*, 2008, Lenoir *et al.* 2008).

6.3. Contaminación

La contaminación en todas sus facetas es uno de los impulsores de cambio que afectan a todos los ecosistemas en general, (Sardans y Peñuelas, 2007; Sternberg y Danin, 2001). Esto es debido en gran parte a que el fenómeno no tiene porqué darse exactamente en el mismo ecosistema o incluso en su cercanía para que al final le acabe afectando directamente o indirectamente. Desde la contaminación atmosférica (William 2010), o la de las aguas (Avila y Rodá, 2002) hasta la misma contaminación energética, como es el caso de la lumínica (Hölker *et al.*, 2010), son presiones que afectan sobre todo a servicios de abastecimiento aunque también a culturales o de regulación.

6.4. Especies invasoras

Las especies invasoras son reconocidas como una de las mayores y crecientes amenazas para la diversidad biológica autóctona y el bienestar humano (EEI 2006). Además, esta problemática ambiental supone un problema económico muy serio, no solo por la pérdida de servicios, sino por los gastos que se derivan de las consecuencias ecológicas y de las medidas de gestión que se deben de poner en marcha para su control; sirva como ejemplo el Plan Andaluz para el control de las especies exóticas invasoras.

En el caso de las especies invasoras, los problemas derivados para los ecosistemas de montaña mediterránea, se pueden concretar en:

- Desplazamiento o reducción de las poblaciones de las especies autóctonas.
- Variaciones en la estructura o composición de especies de las comunidades nativas.
- Establecimiento de nuevas comunidades formadas casi exclusivamente por especies introducidas.
- La afección a la genética de las especies locales mediante hibridaciones.
- Riesgo de la entrada de nuevas especies que tengan por huésped a la especie invasora inicial.
- La alteración de las redes tróficas (alteraciones de la cantidad y calidad de alimento y de su disponibilidad a lo largo del tiempo).

Todo ello ha provocado que el Organismo considerado como referencia en lo que respecta a las estrategias de conservación de los valores biológicos del Planeta, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) haya catalogado a las Invasiones Biológicas como la segunda amenaza a la Biodiversidad. (Dana, 2005).

6.5. Cambio en los ciclos biogeoquímicos

Las interacciones entre cambio de uso del suelo, cambios del clima y de gestión del ecosistema y su relación con el estado de los servicios sobre todo de abastecimiento y de regulación son muy complejas (Sebastià *et al.*, 2006). De esta manera, prácticas como la ganadería o cambios de uso del suelo pueden condicionar los cambios de los ciclos biogeoquímicos y de esta manera, a la aportación de servicios. Estudios recientes relacionan con éxito biodiversidad y servicios de los ecosistemas como almacenamiento de carbono en el suelo, productividad y resistencia a la invasibilidad (De Bello *et al.*, 2006).

A la hora de evaluar la influencia de los impulsores de cambio sobre los servicios de los ecosistemas de montaña mediterránea, se han considerado los cambios de usos del suelo, el cambio climático, la contaminación, las especies invasoras, cambio de los ciclos biogeoquímicos y otros. En la Tabla 9.5. se representa la intensidad de estos impulsores directos en el ámbito al que nos referimos, así como sus tendencias.

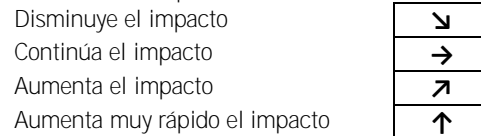
Tabla 9.7. Intensidad y tendencias de los impulsores directos de cambio mas importante que afectan al flujo de servicios de ecosistema de la Montaña Mediterránea de España.

ECOSISTEMA	Cambios de usos de suelo	Cambio climático	Contaminación	Especies invasoras	Cambio en los ciclos biogeoquímicos	Sobreexplotación de servicios
Montaña mediterránea	→	↑	↗	→	→	↗

Intensidad de los impulsores directos del cambio



Tendencias actuales de los impulsores directos del cambio



7. Análisis de compromisos (*trade-offs*) y sinergias

Existen numerosos casos en los que el aumento de alguno de los servicios de los ecosistemas se materializa a costa del decrecimiento de otro; a este hecho es a lo que denominamos compromisos o *trade-offs* entre diferentes servicios que se presentan en la montaña mediterránea. En otros casos la mejora de algunos de los servicios conlleva un desarrollo de otros de forma sinérgica.

En la Tabla 9.6 se presentan casos de compromisos entre servicios:

- Servicio de abastecimiento ganadero y su relación con la biodiversidad e intercambio de gases y acumulación de carbono.
- Servicios de abastecimiento poco rentables ligados a pérdidas de servicios culturales.
- Uno de bastantes ejemplos de abastecimiento de materias primas como fuerza impulsora de cambios en servicios de regulación.
- Relación entre servicios culturales deportivos y de regulación.
- Compromisos entre pérdidas de servicios de abastecimiento en contraposición a una búsqueda del aumento de la biodiversidad, resiliencia y mejora de los servicios de regulación en general, provocados por la intervención humana a través de gestión adaptativa.

Tabla 9.8. Ejemplo de compromisos o sinergias entre servicios de los ecosistemas de la montaña mediterránea de España.

Servicio que varía	Servicio que se ve afectado, disminuyendo su disponibilidad	Explicación	Actuaciones posibles
Servicio de abastecimiento de alimentación: Ganadería	Servicios de regulación: los relacionados con la Biodiversidad y acumulación de carbono en el suelo y el intercambio neto de CO ₂ en los prados	Una concentración excesiva del ganado en pastos muy delimitados generan sobre pastoreo y nitrificación excesiva de los prados, afectando a la biodiversidad y a servicios de regulación de carbono e intercambio de gases. Afecta igualmente a la calidad del paisaje y a los servicios culturales asociados (actividades recreativas, disfrute estético e identidad cultural).	Estudios de distribución del ganado. Estudios de capacidad de carga ganadera Fomento de técnicas tradicionales de riego como el careo en las acequias, que favorecen la presencia de más y mejores pastos y la dispersión del ganado.
Servicios de abastecimiento poco rentables, por altos costes de producción que conlleva un bajo margen o por falta de mercado.	Servicios culturales como actividades económicas tradicionales sostenibles, arquitectura tradicional y cultura popular.	Las dificultades de puesta en valor de algunos servicios de abastecimiento, están provocando en la montaña mediterránea un exceso de oferta de servicios culturales basados en el turismo, mientras que los otros servicios culturales se están viendo seriamente mermados por falta de relevo generacional.	Ayudas a ganaderos y agricultores. Formación especializada. Asesoramiento técnico-comercial a las actividades tradicionales que aún se desarrollan.
Servicio de abastecimiento de materiales geóticos (piedra y áridos)	Servicios de regulación (hídrica, climática, morfosedimentaria, de perturbaciones) y culturales (actividades recreativas, disfrute estético, e identidad cultural)	La extracción de este tipo de materiales, es quizás de los servicios de abastecimiento que producen un impacto más duradero sobre el resto de servicios afectados.	Limitación de su uso. Restauraciones efectivas conforme se van explotando.
Actividades recreativas y deportivas en espacios naturales	Se ven afectados básicamente los servicios asociados a la biodiversidad y mas indirectamente a los de regulación hídrica y morfosedimentaria.	Cada vez es más estudiado el impacto de la masificación de las actividades recreativas sobre el medio natural y las medidas de gestión a emplear en cada caso	Regulación de actividades más impactantes Limitación de la capacidad de acogida de un espacio
Aumento de los servicios de regulación, con una mejor amortiguación de las perturbaciones, y de la resiliencia, por la puesta en marcha de medidas de gestión destinadas a la naturalización de estas masas mono específicas y coetáneas de pinares de repoblación.	Un decrecimiento en la extensión de bosques de repoblación se traduce en una merma en al abastecimiento de madera y secuestro de CO ₂ .		Medidas de gestión destinadas a la naturalización de bosques de repoblación.

8. Respuestas e intervenciones de gestión

Dentro de un marco de gestión adaptativa, se hace preciso que se tomen medidas de gestión centradas, para el caso de la montaña mediterránea, en conseguir los siguientes retos:

- Buscar un equilibrio dinámico entre los servicios de abastecimiento y de regulación, utilizando los análisis de los *trade-offs* como base de gestión de los ecosistemas.
- Procurar que los servicios de abastecimiento sean utilizados de manera eficiente y eficaz, de manera que su rentabilidad permita el mantenimiento de servicios de tipo cultural vinculados al mantenimiento de la actividad tradicional.
- Introducir la participación y valoración por parte de la población local en la ordenación de los servicios que aporta los ecosistemas de montaña.
- Llevar a cabo un seguimiento y monitoreo de la evolución de los diferentes tipos de servicios y de las fuerzas de interrelación para levantar información útil para la gestión.

En la Tabla 9.8 y el apartado 9 del presente capítulo se proponen medidas concretas, enmarcadas en las líneas anteriormente descritas para la gestión adaptativa en ámbitos como la ganadería, el abastecimiento de materia primas, las actividades recreativas en naturaleza, naturalización de pinares y preservación de los valores culturales.

9. La conservación del ecosistema de montaña mediterránea y el bienestar humano

El análisis del estado de los distintos tipos de servicios que provee la montaña mediterránea, y de los impulsores directos e indirectos que provocan su merma, con la consiguiente afección al bienestar humano, para posteriormente diseñar medidas eficaces de gestión que den respuesta a estos datos, es una aplicación del modelo de gestión adaptativa, trasladada al concepto de servicio de los ecosistemas. La Figura 9.12. esquematiza el paralelismo entre ambos enfoques.



Figura 9.12. Ciclo de gestión adaptativa y análisis de los servicios de los ecosistemas. Adaptado de Aspizua *et al* (2010).

En el presente apartado se presentan casos concretos de impulsores directos e indirectos que afectan a diversos servicios y al bienestar en la población de las áreas de montaña mediterránea, así como propuestas de medidas de gestión que se pueden poner o que se han puesto en marcha para dar respuesta al estado de los servicios de los ecosistemas.

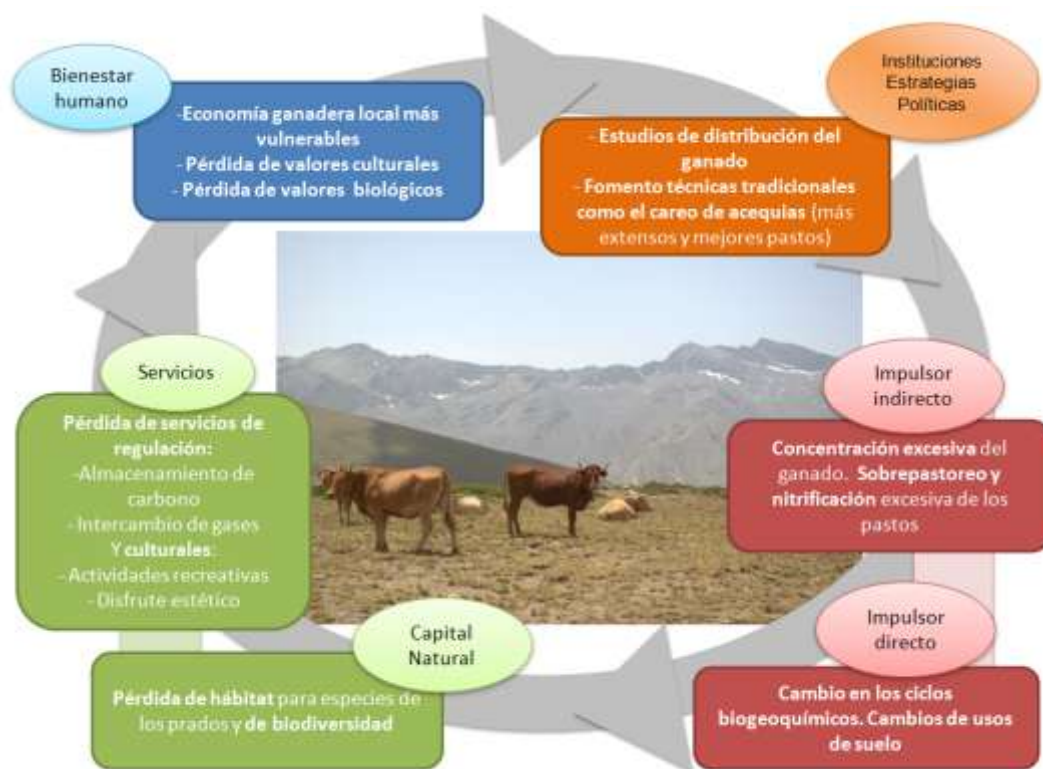


Figura 9.13. Esquema que explica cómo el sobrepastoreo en zonas concretas puede derivar en pérdidas de servicios de regulación y de tipo culturales.



Figura 9.14. Este es un ejemplo de que el aumento de servicios de abastecimiento como el de extracción de áridos deriva en una disminución de servicios de regulación y de tipo cultural.

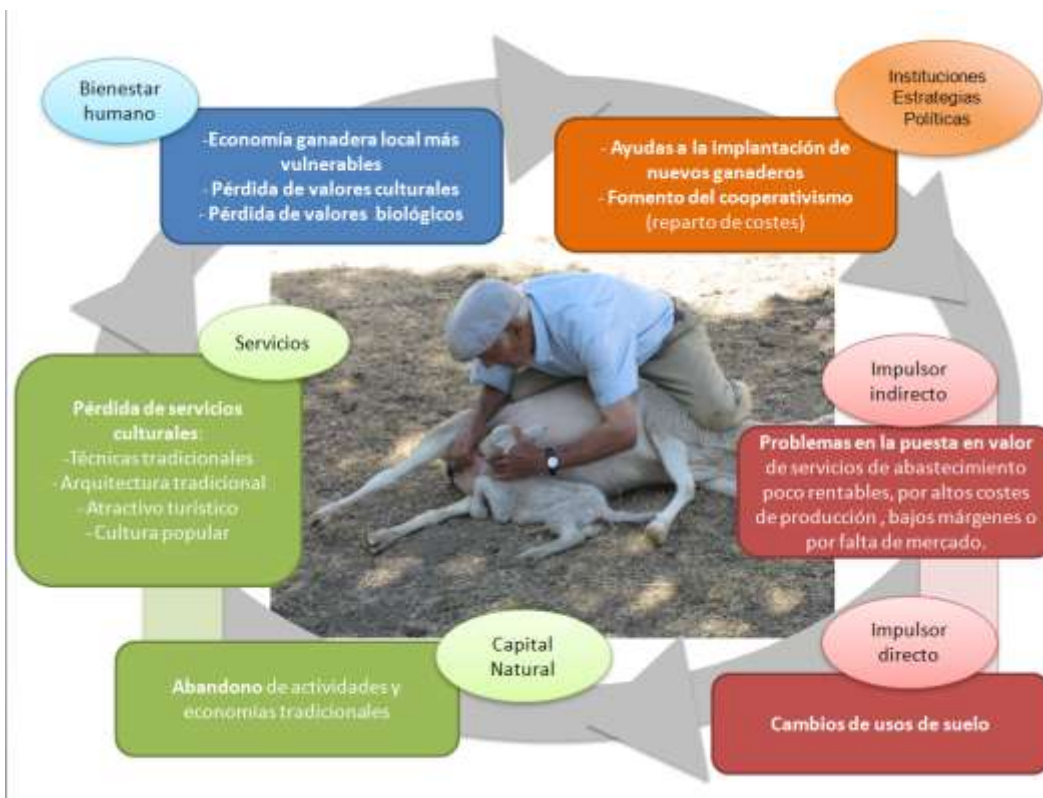


Figura 9.15. La falta de relevo generacional, por la cada vez menor rentabilidad de las actividades tradicionales está derivando en la pérdida de importantes servicios de tipo cultural.



Figura 9.16. Una deficiente regulación de ciertos servicios culturales puede derivar en una afección a los servicios de regulación.

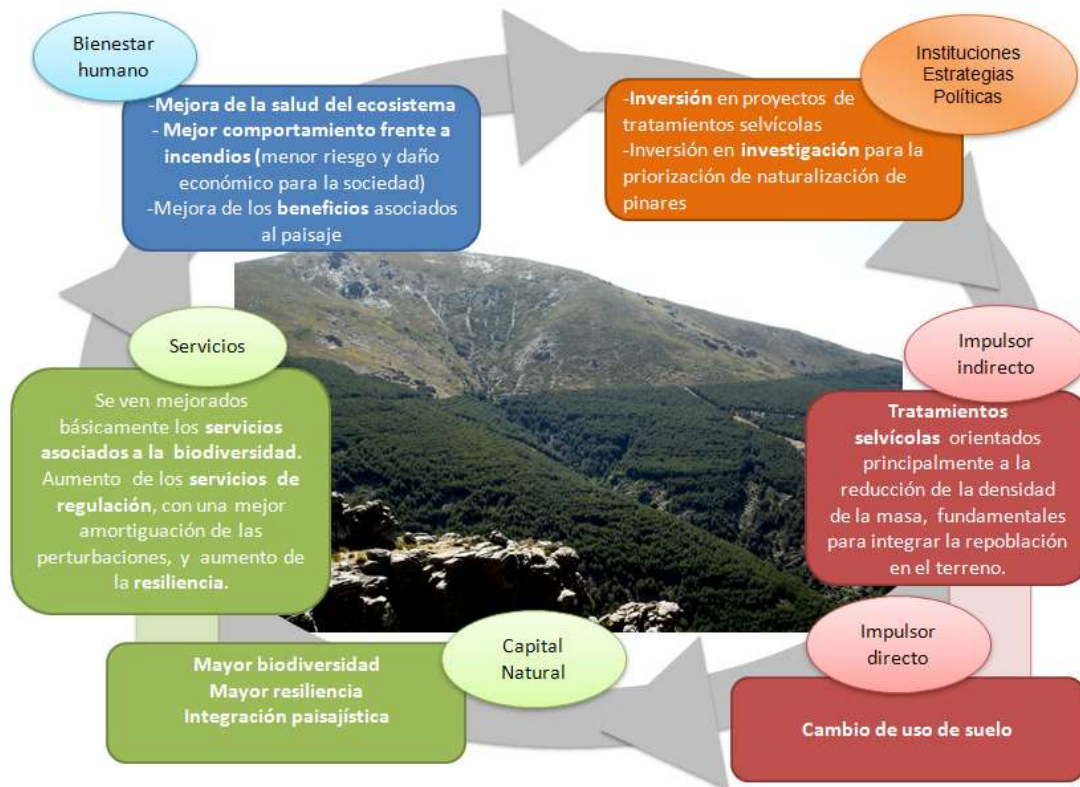


Figura 9.17. Un ejemplo en el que el cambio de uso del suelo, que conlleva un detrimento de servicios de abastecimiento potencial, puede generar servicios relacionados con una mayor resiliencia, y servicios de regulación.

10. Referencias bibliográficas

- Agardy, T. and Alder, J., 2004, Coastal Systems, en Evaluación de Ecosistemas del Milenio, Cap. 19, 37 pp.
- Allen, C.D., Breshears, D.D. (1998). Drought-induced shift of a forest-woodland ecotone: Rapid landscape response to climate variation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 95: 14839-14842.
- Aspizua Canton, R.; Bonet-García, F.J.; Zamora, R.; Sánchez, F.J.; Cano-Manuel, F.J. y Henares, I. (2010). El observatorio de cambio global de Sierra Nevada: hacia la gestión adaptativa de los espacios naturales. *Ecosistemas*, 19 (2): 56 – 68. Disponible en: <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?id=649>
- Avila, A., Rodà, F., (2002). Assessing decadal changes in rainwater alkalinity at a rural Mediterranean site in the Montseny Mountains (NE Spain). *Atmospheric Environment*, 36 (17): 2881-2890.
- Beniston, M. (2003). Climatic Change in Mountain Regions: A Review of Possible Impacts. *Climatic Change*, 59 (1-2): 5-31.
- Benito de Pando, B. (2008). El calentamiento global en Sierra Nevada. Modelos de distribución potencial de formaciones vegetales sobre distintos escenarios de cambio climático. Tesina. Departamento Botánica. Universidad de Granada. 38 pp. Disponible en: http://dl.dropbox.com/u/4948740/DEA_TESIS/2008_DEA_BLAS_BENITO.pdf
- Benito de Pando, B. (2009). Ecoinformática aplicada a la conservación: Simulación de efectos del cambio global en la distribución de la flora de Andalucía. Tesis Doctoral. Departamento de Botánica. Universidad de Granada. Disponible en: <http://ide.ugr.es/blasbenito/tesis/>
- Benito, B., Lorite, J. y Peñas, J. (2011). Simulating potential effects of climatic warming on altitudinal patterns of key species in Mediterranean-alpine ecosystems. *Climatic Change*. doi: 10.1007/s10584-010-0015-3
- Blanca López, G., López Onieva, M., Lorite, J., Martínez Lirola, M. J., Molero Mesa, J., Quintas, S., Ruíz Girela, M., Varo, M.A. y Vidal, S. (2001). Flora amenazada y endémica de Sierra Nevada. Universidad de Granada. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.
- Bonet, F.J.; Pérez-Luque, A.J.; Moreno, R; y Zamora, R. (2010). Observatorio de Cambio Global en Sierra Nevada. Estructura y Contenidos Básicos. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía- Universidad de Granada. Disponible en: <http://www.scribd.com/doc/32239398/Observatorio-Sierra-Nevada-Datos-basicos>.
- Bosch, J., Rincon, P. A., Boyero, L., y Martínez-Solano, I. (2006). Effects of Introduced Salmonids on a Montane Population of Iberian Frogs. *Conservation Biology*, 20 (1), 180-189.
- CMA. (2010). Informe Medio Ambiente 2009. Sevilla: Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.
- Dale, V.H. (1997). The relationship between land-use change and climate change. *Ecological Applications*, 7 (3): 753–769.
- Dana, E.D. (2005). Especies vegetales invasoras en Andalucía. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.
- de Bello F., Leps, J. y Sebastià, M.T. (2006). Variations in species and functional plant diversity along climatic and grazing gradients. *Ecography* 29(6): 801-810.
- EEA. (2000). CORINE Land Cover Technical Guide - Addendum 2000. Disponible en: http://etc.satellus.se/lyCLC2000/pdf/tech_guide_add_2000.pdf

- EEA. (2010). Natura 2000 data - the European network of protected sites. Disponible en: http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/ds_resolveuid/83F51EFB-5F8E-44AA-AD56-F476CADDDBD15
- EEI (2006). Congreso Nacional sobre Especies Exóticas Invasoras - Noviembre 2006.
- EUROPARC-España. (2007). Espacios Naturales Protegidos. Disponible en: <http://www.redeuroparc.org/descargas.jsp>
- Fernández, M.; Cuenca, E.; Salinas, J.A.; Campos, J.; Aragón, J.A.; García, V.J.; Martín, J.M.; Aranda, J. y Vallberg, V. (2007). Impacto socioeconómico del espacio natural protegido Sierra Nevada: 1989-2005. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. Sevilla.
- García, D.; Zamora, R.; Hódar, J.A. y Gómez, J.M. (1999). Age structure of *Juniperus communis* L. in the Iberian peninsula: Conservation of remnant populations in Mediterranean mountains. *Biological Conservation*, 87 (2): 215–220.
- Gordo, O., Sanz, J.J.É. (2010). Impact of climate change on plant phenology in Mediterranean ecosystems. *Global Change Biology*, 16 (3): 1082–1106.
- Hölker, F., Wolter, C., Perkin, E. K., Tockner, K. (2010). Light pollution as a biodiversity threat. *Trends in Ecology y Evolution*, 25 (12): 681-682.
- Hughes, L. (2000). Biological consequences of global warming: Is the signal already apparent? *Trends in Ecology and Evolution*, 15: 56-61.
- Jump, A.S., Peñuelas, J., Rico, L., Ramallo, E., Estiarte, M., Martínez-Izquierdo, J.A. y Lloret, F. (2008). Simulated climate change provokes rapid genetic change in the Mediterranean shrub *Fumana thymifolia*. *Global Change Biology*, 14: 637-643.
- Lenoir, J., Gégout, J.C., Marquet, P.A., De Ruffray, P., Brisse, H. (2008). A significant upward shift in plant species optimum elevation during the 20th century. *Science* 320: 1768-1771.
- Lovejoy, T.E. y Hannah, L. (2005). *Climate Change and Biodiversity*. Yale University Press, New
- MacDonald, D., Crabtree, J. R., Wiesinger, G., Dax, T., Stamou, N., Fleury, P., Gutierrez Lazpita, J., *et al.* (2000). Agricultural abandonment in mountain areas of Europe: Environmental consequences and policy response. *Journal of Environmental Management*, 59 (1), 47-69.
- Menzel, A., Sparks, T.H., Estrella, N., Roy, D.B. (2006). Altered geographic and temporal variability in phenology in response to climate change. *Global Ecology and Biogeography*, 15: 498-504.
- Matesanz, S., Escudero, A., Valladares, F. (2008). Additive effects of a potentially invasive grass and water stress on the performance of seedlings of gypsum specialists. *Applied Vegetation Science*, 11: 287-296
- Nemani, R.R., Keeling, C.D., Hashimoto, H., Jolly, W.M., Piper, S.C., Tucker, C.J., Myneni, R.B., Running, S.W. (2003). Climate-driven increases in global terrestrial net primary production from 1982 to 1999. *Science*, 300: 1560-1563.
- Ortigosa Izquierdo, L. (1990). Las repoblaciones forestales como estrategia pública de intervención en regiones degradadas de montaña. In J.M. García-Ruiz, (Ed.) *Geoecología de las áreas de montaña*. Georeforma Ediciones. Logroño. 298–311.
- Parmesan, C. (2006). Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 37: 637-669
- Parmesan, C. y Yohe, G. (2003). A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature*, 421: 37-42.
- Sala, O.E.; Chapin, F.S., III; Armesto, J.J.; Berlow, E.; Bloomfield, J.; Dirzo, R.; Huber-Sanwald, E.; Huenneke, L.F.; Jackson, R.B.; Kinzig, A.; Leemans, R.; Lodge, D.M.; Mooney, H.A.; Oesterheld, M.; Poff, N.L.R.; Sykes, M.T.; Walker, B.H.; Walker, M. y Wall, D.H. (2000). Global Biodiversity Scenarios for the Year 2100. *Science*, 287: 1770–1774.

- Sardans, J. y Peñuelas, J. (2007). Drought changes the dynamics of trace element accumulation in a Mediterranean *Quercus ilex* forest. *Environmental Pollution*, 147 (3): 567-583.
- Sternberg, M., Danin, A., (2001). Effects of clearing and herbicide treatments on coniferous seedling establishment and growth in newly planted Mediterranean forests. *Forest Ecology and Management*, 148 (1-3): 179-184.
- Sebastià M.T., Garcia-Pausas J., Canals R.M., Plaixats J., Arco N., Bartolomé J., Connolly J., San Emeterio L., Vallecillo S. y Casals P. (2006). Changes in the carbon and nitrogen cycles with land use in grasslands in the Pyrenees. *Grassland Science in Europe*, 11: 769-771.
- Suttle, K.B., Thomsen, M.A., Power, M.E. (2007). Species interactions reverse grassland responses to changing climate. *Science*, 315: 640-642.
- Vicars, W.C., Sickman, J.O., Ziemann, P.J., (2010). Atmospheric phosphorus deposition at a montane site: Size distribution, effects of wildfire, and ecological implications. *Atmospheric Environment*, 44 (24): 2813-2821
- UICN (2008). El mediterráneo: un punto caliente de biodiversidad amenazado. Disponible en: http://cmsdata.iucn.org/downloads/el_mediterraneo_un_punto_caliente_de_biodiversidad_amenazado.pdf