

Amenazas y oportunidades ante el cambio global en los montes españoles: el proyecto MONTES Consolidar

E. Doblas-Miranda ¹, J. Retana ², y el equipo MONTES Consolidar

(1) Centro de Investigación Ecológica y Aplicaciones Forestales (CREAF), Edifici C, Universitat Autònoma de Barcelona, 08193 Bellaterra, Barcelona, España

➤ Recibido el 15 de diciembre de 2010, aceptado el 18 de enero de 2011.

Doblas-Miranda, E., Retana, J. (2011). Amenazas y oportunidades ante el cambio global en los montes españoles: el proyecto MONTES Consolidar. *Ecosistemas* 20(1):114-123.

El mundo se enfrenta a una situación de cambio global en el que una combinación de alteraciones ambientales y bióticas (cambios en la composición atmosférica, en el clima, en el uso del suelo, en el régimen de incendios o en la introducción de especies) amenazan a muchos de los ecosistemas naturales y los servicios que estos proporcionan tales como mantenimiento del ciclo del carbono, la regulación de los recursos hídricos o la biodiversidad, entre otros. El proyecto MONTES surge como un programa de investigación sobre la relación entre los factores de cambio global y los servicios ecosistémicos en el monte mediterráneo, con el objetivo de orientar las oportunidades de manejo forestal y su adaptación al cambio. Este objetivo se organiza en tres ejes que combinan el análisis de la influencia del cambio global en el monte, el modo en que el monte puede a su vez modificar los efectos del cambio global y la variación de dichas interacciones mediante la gestión forestal. Para ello, MONTES se encuentra estructurado en siete módulos de trabajo que condensan todas las posibles interacciones entre factores y servicios: (1) las interacciones entre el monte y la atmósfera, (2) cambios en la fijación de carbono en los montes, (3) cambios en la distribución de especies causados por el cambio climático, (4) consecuencias sobre la disponibilidad de agua, (5) consecuencias de los cambios de uso del suelo y fragmentación en la conservación de especies, (6) vulnerabilidad de las especies al fuego y gestión preventiva de los grandes incendios, (7) invasiones ecológicas y consecuencias en la biodiversidad, más un octavo módulo centrado en la transversalidad e interacciones entre módulos. El proyecto incorpora la escala de parcela, local y regional utilizando información existente y a través de nueve áreas de estudio distribuidas por toda España que cubren montañas no mediterráneas (Pirineos y Montseny), montañas (Sierra Nevada, Alto Tajo y Prades) y llanuras mediterráneas (Garraf, Sierra de Segura y Doñana) y cultivos experimentales. MONTES integra el trabajo de más de 90 científicos y técnicos pertenecientes a 11 entidades españolas de investigación principalmente en ecología terrestre, además de colaboración extranjera de prestigio. El proyecto pretende así consolidar una plataforma competitiva y multidisciplinar de investigación a largo plazo y abierta a futuras colaboraciones nacionales e internacionales. En el artículo se presenta el proyecto y las principales investigaciones en curso en busca de una combinación entre la información generada y la orientación de una gestión de mitigación y adaptación al cambio global.

Palabras clave: mediterráneo, flujos y reservas de carbono, cambio climático, cambios en el uso del suelo, recursos hídricos, fuego, invasión biológica, gestión adaptativa, colaboración científica.

Doblas-Miranda, E., Retana, J. (2011). Threats and opportunities in the face of global change in Spanish woodlands: the MONTES Consolidar project. *Ecosistemas* 20(1):114-123.

The world faces global change, where a combination of environmental and biotic disturbances (changes in atmospheric composition, climate change, land use change, changes in fire regime, introduction of exotic species, etc.) threaten most natural ecosystems and the ecosystem services they provide, as carbon flow and reserves, water resources regulation and biodiversity, among others. The MONTES project emerges as a research program about the interaction between the drivers of global change and the ecosystem services in Mediterranean woodlands, with the main objective of providing forest management guidance on opportunities and adaptation to global change. This objective is organized around three axes that combine the analysis of the influence of global change on woodlands, the way in which woodlands may modulate the consequences of global change and the modification of these interactions through forest management. To that end, MONTES is structured in seven work packages which condense all the possible interactions among drivers and services: (1) interactions between woodlands and the atmosphere, (2) changes in carbon fixation in woodlands, (3) changes in species distribution caused by climate change, (4) consequences for water availability, (5) consequences of land use change and fragmentation for species conservation, (6) species vulnerability to fire and preventive management of large scale fires, (7) biological invasions and consequences to biodiversity, plus a transversal eight work package focussed in work packages interaction. The project includes plot, local and regional scales through published information and nine core study areas distributed throughout Spain, which include non-Mediterranean mountains (Pirineos and Montseny), Mediterranean mountains (Sierra Nevada, Alto Tajo and Prades) and lowlands (Garraf, Sierra de Segura and Doñana) and experimental crops. MONTES integrates the work of more than 90 scientists and technicians belonging to 11 Spanish research institutions in terrestrial ecology principally, besides prestigious foreign collaboration. The project expects thus to consolidate in the long term a competitive and multidisciplinary research platform, open to future national and international collaborations. In the present article the project

is presented, together with the principal ongoing research looking for a combination between the information obtained and the management guidance on adaptation and mitigation of global change.

Key words: adaptive management, biological invasion, carbon flow and reserves, climatic change, fire, land use change, Mediterranean, scientific collaboration, water resources.

Introducción. Factores de cambio global y servicios proporcionados por los ecosistemas forestales

La presión del ser humano sobre el planeta a través de diversos frentes ha alcanzado niveles de impacto considerable que nos definen una situación de cambio global generalizado (Steffen et al., 2004). Dicho cambio amenaza paradójicamente nuestra dependencia de los ecosistemas a través de una serie de impactos muchos de ellos estrechamente relacionados. Entre los principales destacamos: Cambios en la composición atmosférica debidos a la industria, el transporte y la agricultura intensiva, los cuales liberan al medio sustancias perniciosas para la salud humana y del ecosistema, provocan el depósito de nitrógeno y de otros contaminantes y aumentan la concentración del dióxido de carbono y otros gases causantes del efecto invernadero (Ozanne et al., 2003). Éste efecto es el motor principal del cambio climático (IPCC, 2007). El calentamiento global se ha convertido en una amenaza irrefutable que pone en peligro nuestras reservas de agua y acelera los procesos de desertificación (Sheffield y Wood, 2008). Más directamente, el hombre modifica su entorno a través de los cambios en el uso del suelo y los procesos de fragmentación del territorio (Lindenmayer y Fischer, 2006). El bosque se encuentra en un errático equilibrio con la agricultura, el grado de urbanización y la creación de vías de transporte aumentan, y por el contrario las tierras se abandonan aumentando el peligro de desertificación e incendios. De hecho, el cambio en el régimen de incendios es un factor característico del cambio global, como resultado combinado de múltiples factores y de políticas de manejo enfocadas a un beneficio a corto plazo (Pechony y Shindell, 2010), con consecuencias en cuanto al aumento del CO₂ atmosférico y del depósito de nitrógeno. Por último, la diversidad de la vida en el planeta se degrada a través de la desaparición de hábitats, la sobreexplotación y las invasiones biológicas. Las introducciones de especies se ven favorecidas por distintas combinaciones de factores de cambio global, con peligrosas consecuencias para la diversidad de los ecosistemas de acogida (Mooney y Hobbs, 2000).

La cuenca mediterránea se encuentra en una situación especialmente delicada ante la amenaza del cambio global (Sala et al., 2000), debido a unas condiciones ecológicas particularmente marcadas por una posición transicional climática y de biodiversidad y la actividad humana mantenida durante milenios (Lavorel et al., 1998). Los montes mediterráneos juegan un papel principal en este contexto, no solo por cómo les afecta el cambio sino por su respuesta y su capacidad de modular dichos cambios. Los bosques actúan como reservas de CO₂, son receptores de los contaminantes atmosféricos, juegan un papel básico en el ciclo del agua y emiten compuestos orgánicos que participan en la formación de ozono y aerosoles (Peñuelas y Staudt, 2010). Pero lo más importante, el cambio global amenaza con alterar los servicios ecosistémicos básicos que los montes proporcionan. Primero, los montes actúan como acumuladores de carbono, no sólo en la biomasa vegetal, sino en el compartimento subterráneo. Dicha propiedad no ha sido muy estudiada en el Mediterráneo, pese a los potenciales efectos de la sequía en los flujos de carbono (Valentini et al., 2000). En segundo lugar, los recursos hídricos son gestionados por los montes a través del control de la erosión, la evapotranspiración, la escorrentía y el mantenimiento de acuíferos, servicios clave vista la grave escasez de agua debida al cambio climático anticipada para el mediterráneo (Alpert et al., 2008) y al incremento de la demanda. Por último, los montes son fuente de diversidad, y la cuenca mediterránea se considera como uno de los puntos calientes de biodiversidad a escala planetaria (Mittermeier et al., 2005).

Ante semejante contexto, es indispensable investigar en detalle las interacciones entre los componentes del cambio global y los servicios ecosistémicos en los bosques mediterráneos con el fin de generar las estrategias de manejo necesarias de mitigación y sustentabilidad. Éste es el motivo y principal objetivo del proyecto MONTES (**Cuadro 1**).

MONTES-CONSOLIDER, INGENIO 2010

El Programa INGENIO 2010 es una iniciativa presentada por el Gobierno de España a través del Ministerio de Ciencia e Innovación, que involucra al estado, la empresa, la universidad y los organismos públicos de investigación en un esfuerzo común para estimular la masa crítica y la excelencia investigadora. Dentro de las acciones derivadas, el programa CONSOLIDER busca la cooperación entre investigadores y la formación de grandes grupos de investigación. A través de una financiación estratégica de larga duración y de gran tamaño se pretende romper con el excesivo fraccionamiento de las investigaciones e impulsar la participación de los centros públicos en el Programa Marco europeo. Los proyectos financiados deben suponer un avance significativo en la actividad científica de alto nivel o establecer nuevas líneas de investigación y contener un fuerte componente de transferencia tecnológica y de resultados.

El proyecto MONTES (Los montes españoles y el cambio global, amenazas y oportunidades, CSD 2008-00040), es fruto de la competitiva convocatoria CONSOLIDER 2008, de la que salió seleccionado con una financiación de 4.000.000 € y 5 años de duración. MONTES aúna el esfuerzo de 95 especialistas (y cerca de 80 colaboradores) pertenecientes a 13 instituciones de investigación en ecología terrestre (principalmente nacionales pero también extranjeras, de diferentes ámbitos y alta multidisciplinaridad) para avanzar en el conocimiento sobre las interacciones entre los componentes del cambio global y los servicios ecosistémicos en los montes mediterráneos, con el fin de generar las estrategias de gestión necesarias para ajustarse al cambio y mitigar sus efectos. Igualmente, se pretende la creación y mantenimiento a largo plazo de una red de transferencia investigadora nacional e internacional.

Para más información sobre el proyecto, por favor visite la página: <http://www.creaf.uab.es/MONTES/>

Cuadro 1.

Contexto y objetivos del proyecto

Algo más de la mitad de la superficie española es monte, terreno no cultivado ni urbanizado donde a priori dominan los efectos de los procesos ecológicos. De esta extensión, casi 14 millones de hectáreas son áreas boscosas, mientras que más de 12 millones están ocupados por arbustos, pastos o zonas con muy baja densidad de vegetación. La necesidad de prepararnos ante los cambios que amenazan estas superficies y encontrar las oportunidades de gestión son claras, pero el reto es complejo. Los factores de cambio y sus efectos en el monte producen reacciones que repercuten en el propio cambio global, incentivándolo o mitigándolo. Así, unos procesos interaccionan con otros, y propiedades emergentes a escala local afectan a los patrones regionales, mientras que ciertas características locales son fruto de procesos a gran escala. Estas interacciones ocurren a nivel mundial y a una velocidad cada vez más elevada por la gran cantidad de energía introducida en el sistema (Terradas, 2010).

MONTES se plantea enfrentarse a algunas de estas dificultades a través de la colaboración interdisciplinar entre grupos científicos de toda España y participación internacional (**Cuadro 2**) y por medio de tres ejes u objetivos principales (**Fig. 1**):

1. El análisis de la influencia en la estructura y el funcionamiento del monte del cambio global, en forma de cambios en la composición atmosférica, cambio climático, incendios, cambios en el uso del suelo y fragmentación e introducción de especies.
2. El estudio del modo en que los montes, a través de los flujos y las reservas de carbono, los procesos hidrológicos y la biodiversidad, pueden hacer variar los efectos del cambio global.
3. La modificación de dichas interacciones mediante la gestión forestal.

Composición de MONTES

En el proyecto MONTES participan más de 90 científicos y técnicos pertenecientes a 11 grupos de investigación españoles:

Tres centros públicos de investigación en temas forestales y medioambientales, el Centro de Investigación Ecológica y Aplicaciones Forestales (CREAF; centro coordinador del proyecto que comprende investigadores de las Universidades de Barcelona, UB, y Autónoma de Barcelona, UAB, y del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, CSIC), el Centro Tecnológico Forestal de Cataluña (CTFC; con personal de los Laboratorios de Ecología Funcional y Cambio Global, ECOFUN, y de Diversidad y Ecología de Paisaje) y el Instituto de Investigación y Tecnología Agroalimentarias (IRTA; Subprograma Eco-fisiología).

Tres centros del CSIC, la Estación Biológica de Doñana (EBD; que aporta especialistas en especies invasoras, hormigas y poblaciones vegetales), el Museo Nacional de Ciencias Naturales (MNCN; Departamento de Biodiversidad) y el Instituto de Diagnóstico Ambiental y Estudios del Agua (IDAEA; grupo de Hidrología Superficial y Erosión del Departamento de Geociencias).

Cuatro universidades, la Rey Juan Carlos (URJC; Área de Biodiversidad y Conservación del Departamento de Biología y Geología, Escuela Superior de Ciencias Experimentales y Tecnología), la de Barcelona (Departamento de Ecología de la Facultad de Biología), la de Granada (UGR; miembros del grupo de Ecología Terrestre del Departamento de Ecología y del grupo interdisciplinar EVOFLOR, Facultad de Ciencias) y la de Castilla la Mancha (UCLM; miembros de los Departamentos de Producción Vegetal y Tecnología Agraria y de Ciencia Tecnológica Agroforestal y Genética de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos).

Por último, el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT; grupo de Ecotoxicidad de la Contaminación Atmosférica, Departamento de Medio Ambiente) del Ministerio de Ciencia e Innovación.

También participan dos investigadores procedentes de centros extranjeros de prestigio internacional, la Universidad de Edimburgo (exactamente del Laboratorio de Fisiología de Ecosistemas Forestales del Instituto de Ciencia Atmosférica y Medioambiental, Escuela de Geociencias) y el Centro Nacional para la Investigación Atmosférica (NCAR; en el grupo de Interacciones Biosfera-Atmósfera de la División de Química Atmosférica).



Cuadro 2.

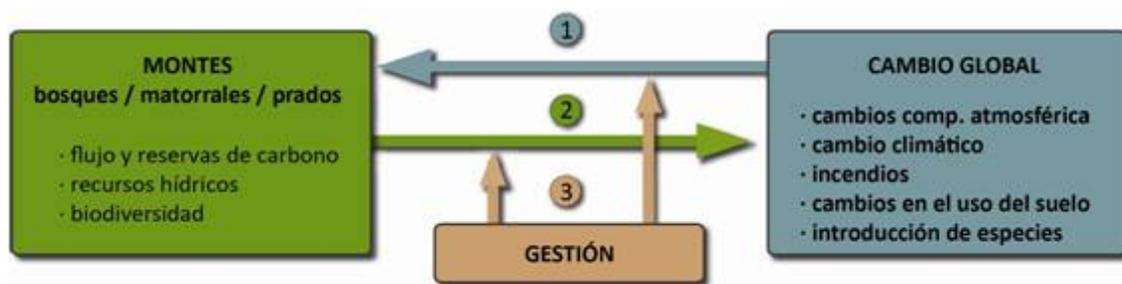


Figura 1. El objetivo general de MONTES se desarrolla a través de tres ejes fundamentales: 1) el análisis de la influencia del cambio global en la estructura y el funcionamiento del monte; 2) el estudio del modo en que los montes pueden hacer variar los efectos del cambio global; y 3) la modificación de dichas interacciones mediante la gestión forestal. Diseño J. Losarcos/J.L. Ordóñez

Estructura básica y escalas de estudio

La interacción de grupos de investigación y objetivos se consigue a través de la estructuración del proyecto en módulos con objetivos específicos y analizados a diferentes escalas espaciales.

Al considerar todas las posibles combinaciones entre factores de cambio global y los servicios ecosistémicos, se desprende que siete nodos de interacción condensan los flujos más relevantes. De esta manera, MONTES se estructura en siete módulos de trabajo en una aproximación completa y coherente (**Fig. 2**):

Módulo 1) Las interacciones entre el monte y la atmósfera

Módulo 2) Cambios en la fijación de carbono en los montes

Módulo 3) Cambios en la distribución de especies causados por el cambio climático

Módulo 4) Consecuencias sobre la disponibilidad de agua

Módulo 5) Consecuencias de los cambios de uso del suelo y fragmentación en la conservación de especies

Módulo 6) Vulnerabilidad de las especies al fuego y gestión preventiva de los grandes incendios

Módulo 7) Invasiones ecológicas y consecuencias en la biodiversidad

Además existe un módulo 8 transversal con el objetivo de integrar las propuestas de los otros módulos para generar un sistema de transferencia de información que sintetice los resultados.

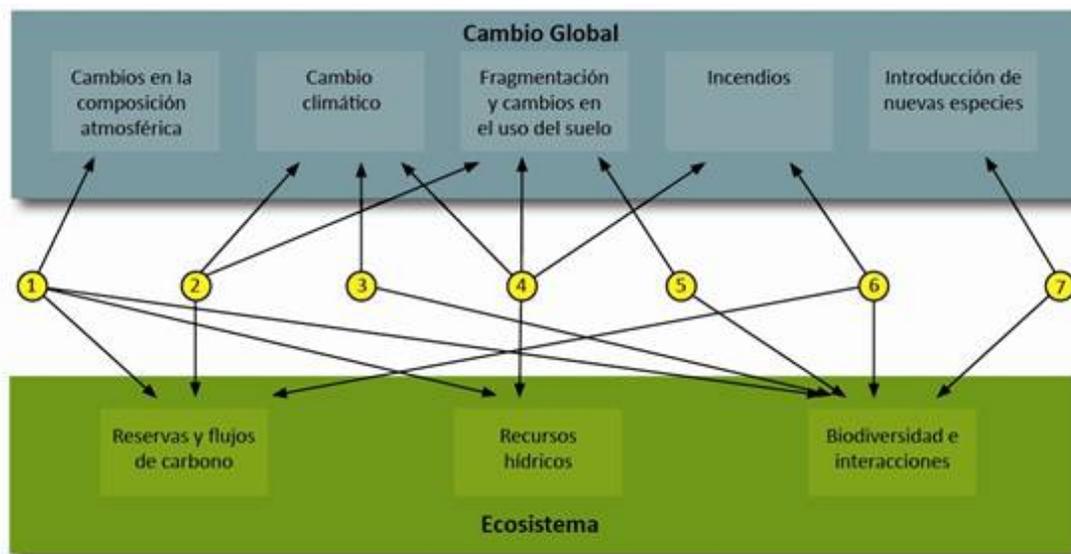


Figura 2. El proyecto se estructura en siete módulos, resultado de la interacción entre los servicios ecosistémicos y las amenazas del cambio global, más un octavo módulo para la transversalidad. Diseño J. Losarcos/J.L. Ordóñez

Para afrontar la interacción multi-escala, la investigación está diseñada para conducir actividades estratégicas que abarquen procesos dentro y entre tres escalas: parcela, local y regional. El punto de partida para obtener información en detalle (datos demográficos, genéticos, ecofisiológicos, hídricos, etc.) es la parcela, ya sea en forma de medidas de campo o experimentos de laboratorio e invernadero. Es más, se pretende establecer puntos de muestro permanentes para el seguimiento de pautas a largo plazo en los bosques españoles. Estas parcelas se reparten a través de nueve áreas locales de estudio distribuidas a lo largo de un gradiente peninsular de temperatura y precipitación, de sistemas de vegetación. Incluyen un área de cultivo experimental (Torre Marimón) más tres tipos diferentes de ecosistemas (**Fig. 3**): montañas no mediterráneas (Pirineos y Montseny), montañas mediterráneas (Sierra Nevada, Alto Tajo y Prades) y tierras bajas mediterráneas (Garraf, Sierra de Segura y Doñana). Casi todas ellas acumulan un bagaje de investigación considerable (por ejemplo Rodà et al., 1999; Muñoz-Reinoso, 2001; Gallart et al., 2002; González-Ochoa y de las Heras, 2002; Ribas y Peñuelas, 2006; Sardans et al., 2006; Gómez et al., 2007; Zaragoza-Castells et al., 2008; Aranjuelo et al., 2009). Aunque estas áreas se limitan al territorio español, representan escenarios contrastados que pueden ser representativos de otras áreas similares en el mundo. Por último, la integración de los estudios y datos procedentes de estas áreas en un marco común supone el estudio a escala regional, ya sea para la modelización de procesos (simulaciones de cambios en la fijación de carbono, el balance de agua, uso del suelo y dinámicas del fuego) o la elaboración de mapas temáticos de patrones y procesos ecológicos sujetos a cambio (depósito de componentes atmosféricos, niveles de fijación de carbono, distribuciones potenciales de especies y vulnerabilidad a las invasiones). Para ello, los investigadores de diferentes grupos comparten una misma base de metadatos, combinan y comparten resultados y son coordinados a una escala no abarcable en proyectos más convencionales.

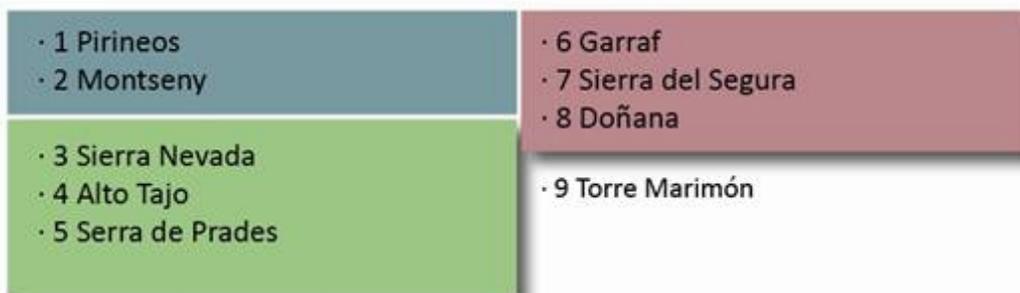
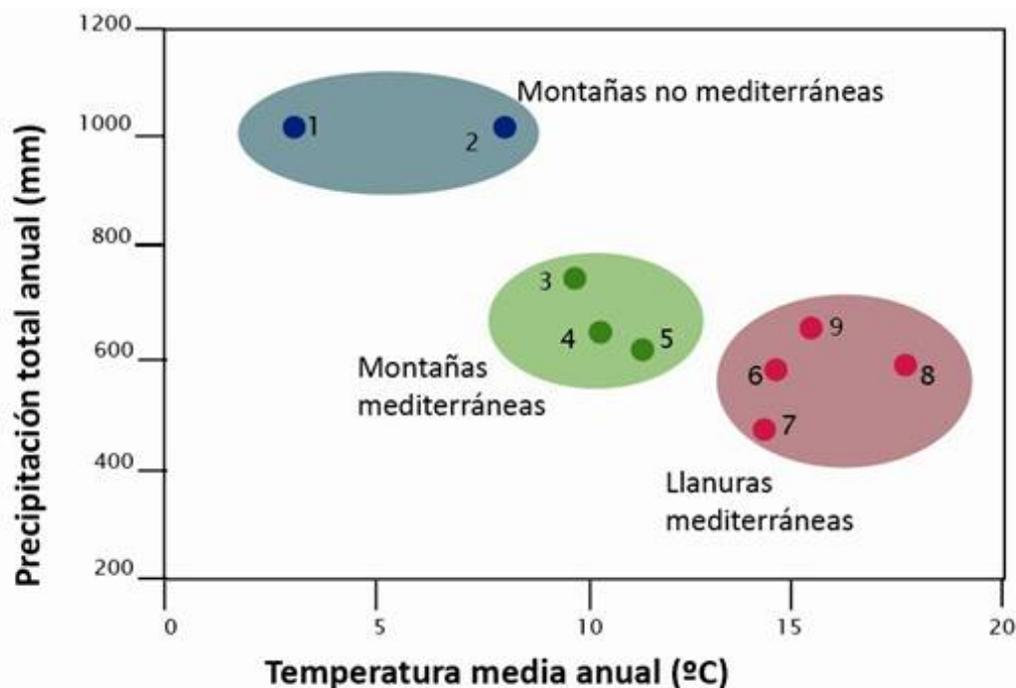


Figura 3. El estudio integra la escala local y regional a través de nueve áreas de estudio repartidas por toda España, que comprenden montes no mediterráneos y el mediterráneo en todo su gradiente altitudinal. Diseño J. Losarcos/J.L. Ordóñez

Principales investigaciones en curso

En busca de la transversalidad, la cooperación y la excelencia investigadora, en cada uno de los módulos presentados se llevan a cabo acciones destacadas en las que se movilizan componentes de diferentes grupos de investigación. Así, en el módulo 1 se desarrolla un estudio del intercambio gaseoso, hídrico y energético mediante una campaña aerotransportada en un gradiente de ecosistemas desde los desérticos a los bosques alpinos para determinar los efectos del tipo de vegetación sobre el clima local y regional, en el que participan miembros del CREAM y colaboradores del NCAR y del Concilio Nacional de Investigación (CNR) italiano. Estos datos se complementan con otros estudios de interacción entre los contaminantes atmosféricos y la vegetación del CIEMAT y colaboraciones de la Universidad de Colorado y el IDAEA. En el módulo 2 se ha comenzado a elaborar una ambiciosa síntesis de las reservas y flujos de carbono en los montes españoles (incluyendo bosques, matorrales, prados e incluso terrenos cultivados) a través de bases de datos, parcelas experimentales y modelizaciones procedentes del CREAM, la UB, el CTFC y el IRTA. Gracias al módulo 3 se han realizado muestreos sobre la demografía, crecimiento y patrones espaciales de *Pinus*, *Fagus* y *Quercus* a lo largo de su rango altitudinal, en Alto Tajo, Ayllón, Cerdanya, Guadarrama, Montseny, Ordesa, Sierra Cebollera, Sierra de Segura, Sierra Nevada, Solsona y el Pallars, con el objetivo de entender los factores bióticos y abióticos que limitan su distribución bajo distintas condiciones ambientales. Este muestreo ha sido coordinado desde el MNCN, con la participación de CREAM, CTFC, UGR, UCLM, URJC y la colaboración del Instituto Pirenaico de Ecología (IPE-CSIC). El módulo 4 es un ejemplo de transversalidad para la totalidad de sus acciones, entre las que cabe destacar el análisis de los componentes del balance hídrico en ecosistemas mediterráneos bajo diferentes efectos de variabilidad climática, en diversas cubiertas del suelo, relación/interacción entre comunidades y topografías, a nivel de parcela o a escala de pequeñas cuencas. En dicha acción participan IDAEA, CIEMAT, CREAM, IRTA,

UB y UGR, siendo además complementada por la modelización de la dinámica hidrológica de las cuencas bajo cambio global gracias a investigadores del IDAEA, CREAM, UB y la Universidad de Bristol. En la amalgama de líneas de investigación que abarcan las acciones del módulo 5, cabe destacar la participación conjunta del CTFC, el CREAM y la UGR en la evaluación de la influencia de las trayectorias históricas de cambio de uso del suelo, derivadas de la comparación entre mapas de cubiertas, en la dinámica forestal actual de masas de *Pinus* y quercíneas y en su respuesta a diferentes perturbaciones como los incendios. En el módulo 6, se siguen dos líneas de trabajo principales: establecer los límites de resiliencia de las comunidades forestales al fuego y determinar cómo diferentes estructuras del bosque pueden condicionar el comportamiento del fuego. Estas actividades suponen la colaboración del CREAM, la UCLM, el CTFC y la UGR. Una de las acciones emblemáticas del módulo 7 implica a la EBD, el CREAM, el CTFC y la colaboración del Banco de Datos de Biodiversidad de Cataluña (BDBC) en la generación de patrones de invasión en diferentes tipos de hábitats a gran escala para España y con mayor detalle para Cataluña, a través de información fitosociológica y mapas de cubiertas del suelo y con la colaboración del proyecto RIXFUTUR.

En busca de la transversalidad intermodular, se han proyectado por el momento hasta cuatro acciones desde el módulo 8, dos de las cuales han dado los primeros pasos en la recopilación de información y desarrollo: la estimación del papel de los incendios en los balances de carbono (coordinado con investigadores de los módulos 2 y 6) y el desarrollo de modelos de paisaje espacialmente explícitos que integren mecanismos de cambio climático (episodios de sequía, temperatura estival) y cambio de uso de suelo especialmente relacionados con incendios (entre los módulos 3, 5 y 6).

Gestión y orientación ecológica

Actualmente, ciertas amenazas derivadas del cambio global han llegado a provocar la preocupación de la sociedad, sin embargo, la comunidad científica no siempre ha sabido adecuar sus predicciones a las necesidades de gestión. La incertidumbre y contradicción de ciertos resultados, junto con la falta de conexión entre los estudios y su aplicabilidad suponen un reto a la hora de proponer soluciones específicas. Uno de los objetivos principales del proyecto MONTES es superar estas barreras y promover la gestión eficiente ante el cambio global. Para ello, además de generar numerosos productos que sean directamente aplicables a la toma de decisiones y gestión del terreno tales como mapas de riesgo, modificaciones apropiadas para el mediterráneo a las políticas europeas sobre sustentabilidad y contaminación, modelos de predicción de cambios ambientales, etc., MONTES proporciona las bases necesarias para la orientación ecológica de la gestión (Fig. 4).

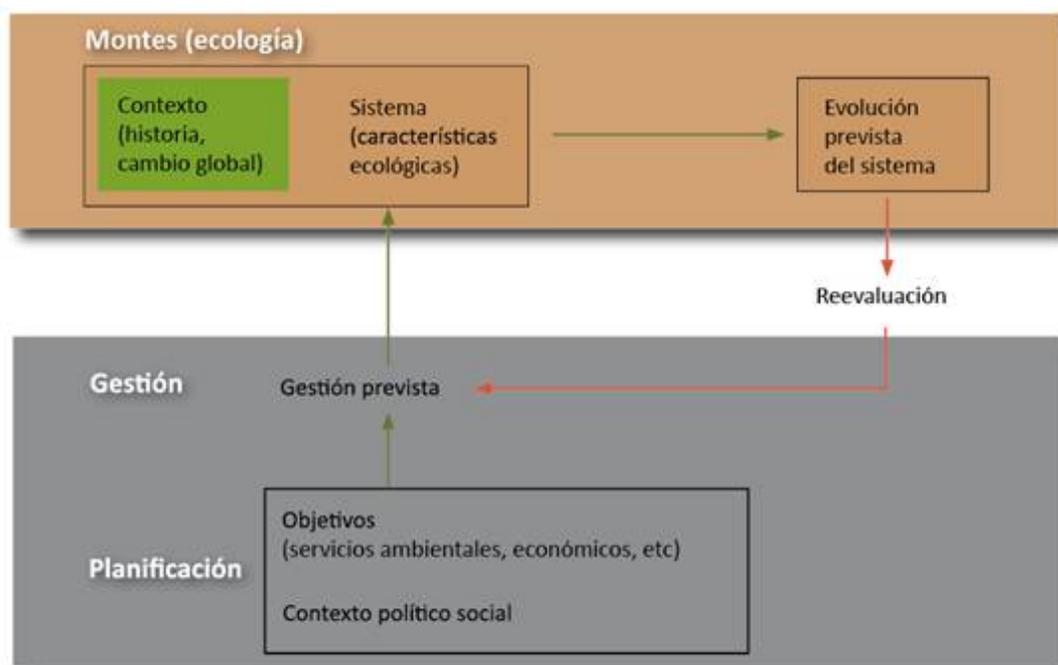


Figura 4. MONTES proporciona las bases necesarias para la orientación ecológica de la gestión evaluando los impactos de la gestión en el contexto de cambio global y readaptando los objetivos que provocan dicha gestión en acuerdo con la realidad social, política y ecológica. Diseño L. Brotons/E. Doblas

La dinámica futura de un ecosistema depende por una parte de su contexto histórico y los procesos de perturbación representados por los componentes de cambio global, y por otro lado, de las prácticas de manejo a las que se someta en busca de los servicios que requiere la sociedad. MONTES pretende participar en este proceso y optimizarlo a través de dos etapas: primero evaluando los impactos de la gestión en el contexto de cambio global. Y segundo, una vez conocidas las posibles consecuencias, ayudando por tanto a la readaptación de los objetivos que provocan dicha gestión y la propia gestión en sí, en acuerdo con la realidad social, política y ecológica. Dicha integración entre la dinámica del ecosistema anticipada en base a la investigación científica y los objetivos económicos y sociales, es la orientación que se pretende aportar para una gestión forestal que mitigue y se adapte al cambio global.

Líneas futuras: una red de investigación en ecología terrestre

MONTES busca una doble repercusión, no solo basada en la inherente relevancia científica de los resultados y sus aplicaciones, sino a través de la creación y mantenimiento a largo plazo de una red de transferencia investigadora en España. El nivel de colaboración multidisciplinar alcanzado en el proyecto a escala nacional y en parte internacional, merecería una prolongación posterior a la duración del proyecto.

La voluntad de los participantes en MONTES es que el proyecto pudiera llegar a ser un embrión de una red de investigación sobre cambio global en ecosistemas terrestres, y por tanto receptivo y abierto a nuevas colaboraciones que amplíen el entramado dentro de la península ibérica y a otras partes del mundo. El impacto de las publicaciones generadas, la utilidad de las herramientas de gestión proporcionadas y los lazos estrechados durante la duración del proyecto, serán las claves con las que se evalúe el legado de MONTES a la comunidad científica internacional en general y a la mediterránea en particular.

Referencias

- Alpert, P., Krichak, S.O., Shafir, H. Haim, D., Osetinsky, I. 2008. Climatic trends to extremes employing regional modeling and statistical interpretation over the E. Mediterranean. *Global and Planetary Change* 63:163-170.
- Aranjuelo, I., Pardo, A., Biel, C., Savé, R., Azcón-Bieto, J, Nogués, S. 2009. Leaf carbon management in slow-growing plants exposed to elevated CO₂. *Global Change Biology* 15:97-109.
- Gallart, F., Llorens, P., Latron, J., Regüés, D. 2002. Hydrological processes and their seasonal controls in a small Mediterranean mountain catchment in the Pyrenees. *Hydrology and Earth System Sciences* 6(3):527-537.
- Gómez, J.M., Bosch, J., Perfectti, F., Fernández, J., Abdelaziz, M. 2007. Pollinator diversity affects plant reproduction and recruitment: the tradeoffs of generalization. *Oecologia* 153:597-605.
- González-Ochoa, A.I., de las Heras, J. 2002. Effects of post-fire silvicultural practices on *Pachyrhinus squamosus* defoliation levels and *Pinus halepensis* Mill. growth. *Forest Ecology and Management* 167:185-194.
- IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change. 2007. *Climate Change 2007: The physical science basis. Working group I contribution to the fourth assessment report of the IPCC*. 996 pp. Cambridge University Press. Cambridge, UK.
- Lavorel, S., Canadell, J., Rambal, S., Terradas, J. 1998. Mediterranean terrestrial ecosystems: research priorities on global change effects. *Global Ecology and Biogeography Letters* 7:157-166.
- Lindenmayer, D.B., Fischer, J. 2006. *Habitat fragmentation and landscape change*. 328 pp. Island Press. Washington, USA.
- Mittermeier, R.A., Gil, P.R., Hoffman, M., Pilgrim, J., Brooks, T., Mittermeier, C.G., Lamoreux, J., Da Fonseca, G.A.B. 2005. *Hotspots revisited: Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions*. 432 pp. CEMEX. Mexico.
- Mooney, H.A., Hobbs, R.J. 2000. *Invasive species in a changing world*. 457pp. Island Press. Washington, D.C., USA.
- Muñoz-Reinoso, J.C. 2001. Vegetation changes and groundwater abstraction in SW Doñana, Spain. *Journal of Hydrology* 242:197-209.

- Ozanne, C.M.P., Anhof, D., Boulter, S.L., Keller, M., Kitching, R.L., Körner, C., Meinzer, F.C., Mitchell, A.W., Nakashizuka, T., Silva Dias, P.L., Stork, N.E., Wright, S.J., Yoshimura, M. 2003. Biodiversity meets the atmosphere: a global view of forest canopies. *Science* 301:183-186.
- Pechony, O., Shindell, D.T. 2010. Driving forces of global wildfires over the past millennium and the forthcoming century. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 107:19167-19170.
- Peñuelas, J., Staudt, M. 2010. BVOCs and global change. *Trends in Plant Science* 15:133-144.
- Ribas, A., Peñuelas, J. 2006. Surface ozone mixing ratio increase with altitude in a transect in the Catalan Pyrenees. *Atmospheric Environment* 40:7308-7315.
- Rodà, F., Retana, J., Gracia, C., Bellot, J. 1999. *Ecology of Mediterranean evergreen oak forests*. 373 pp. Springer-Verlag, Ecological Studies 137. Berlín.
- Sala, O.E., Chapin III, F.S., 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., Sykes, M.T., Walker, B.H., Walker, M., Wall, D.H. 2000. Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science* 287:1770-1774.
- Sardans, J., Peñuelas, J., Estiarte, M. 2006. Warming and drought alter soil phosphatase activity and soil P availability in a Mediterranean shrubland. *Plant and Soil* 289:227-238.
- Sheffield, J., Wood, E.F. 2008. Projected changes in drought occurrence under future global warming from multi - model, multiscenario, IPCC AR4 simulations. *Climate Dynamics* 31:79-105.
- Steffen, W., Sanderson, A., Tyson, P.D., Jäger, J., Matson, P.A., Moore III, B., Oldfield, F., Richardson, K., Schellnhuber, H.J., Turner, B.L., Wasson, R.J. 2004. *Global change and the earth system: A planet under pressure*. 336 pp. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg y New York.
- Terradas, J. 2010. *Ecologia viscuda*. 456 pp. Publicacions de l'Universitat de Valencia. Valencia, España.
- Valentini, R., Matteucci, G., Dolman, A.J., Schulze, E.-D., Rebmann, C., Moors, E.J., Granier, A., Gross, P., Jensen, N.O., Pilegaard, K., Lindroth, A., Grelle, A., Bernhofer, C., Grünwald, T., Aubinet, M., Ceulemans, R., Kowalski, A.S., Vesala, T., Rannik, Ü., Berbigier, P., Loustau, D., Guðmundsson, J., Thorgeirsson, H., Ibrom, A., Morgenstern, K., Clement, R., Moncrieff, J., Montagnani, L., Minerbi, S., Jarvis, P.G. 2000. Respiration as the main determinant of carbon balance in European forests. *Nature* 404:861-865.
- Zaragoza-Castells, J., Sánchez-Gómez, D., Hartley, I.P., Matesanz, S., Valladares, F., Lloyd, J., Atkin, O.K. 2008. Climate-dependent variations in leaf respiration in a dry-land, low productivity Mediterranean forest: the importance of acclimation in both high-light and shaded habitats. *Functional Ecology* 22:172-184.