

El canvi global i els seus efectes en els ecosistemes mediterranis

Enrique Doblas Miranda

Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF)

GLOBAL CHANGE EFFECTS IN MEDITERRANEAN ECOSYSTEMS. – The planet is undergoing rapid and profound changes due to human activities. Some drivers of global change –such as climate warming, changes in land use, and wildfires– are especially affecting the Mediterranean region. However, the main threats to the region may actually stem from various combinations and feedbacks among these different drivers. One representative example concerns the soil erosion that results from land intensification and drought. When the abandonment of traditional land management practices is added to this, however, it leads to an increased risk of devastating fires, due to the accumulation of fuel and the decrease in water availability. On the positive side, the special characteristics of the Mediterranean Basin could improve our understanding of global change. The Basin couples a unique landscape and biological diversity with an exceptional mix of culture, history and population, making it both a scientifically unique and an environmentally critical place for global change research. The MONTES Consolider Project seeks to study both the impact of global change in the Mediterranean Basin and the regional ecosystem feedback dynamics vis-à-vis the Earth system, with the goal of formulating better responses through forest management.

Introducció

El planeta està immers en canvis ràpids i profunds a causa de l'acció de l'home que sobrepassen els efectes aïllats, tot i que de per si importants, de l'escalfament global. Els principals factors del canvi global són: la contaminació, el canvi climàtic, els incendis, els canvis en els usos del sòl (que inclouen des de la tala de masses forestals fins a l'abandonament dels terrenys agrícoles) i les invasions biològiques. Aquests factors provenen de diverses causes, algunes d'elles lligades entre si. Per exemple, la contaminació que comporta una alteració de la composició atmosfèrica ha propiciat l'efecte hivernacle, que ha provocat el canvi climàtic. Altres factors ocorren com a conseqüència d'accions aïllades, com és el cas de moltes invasions biològiques originades amb el transport de mercaderies. No obstant això, tots tenen en comú l'acció directa o indirecta de l'home i el fet de produir-se a escala mundial.

A la Mediterrània, els efectes del canvi climàtic, l'increment en el nombre i intensitat dels incendis i l'alteració de la cobertura vegetal són especialment intensos. Malgrat això, grans amenaces comporten grans reaccions; el bosc mediterrani respon als canvis als quals s'enfronta i una gestió forestal adequada pot ajudar aquesta interacció. En el present article es repassen els efectes dels principals factors del canvi global sobre la regió mediterrània i la combinació de perturbacions a la regió. També s'explica com canalitzar la resposta dels ecosistemes amb l'ajut de projectes com MONTES Consolider que poden ser font de coneixement i recursos.

Canvi global a la Mediterrània

La Mediterrània és un dels dos punts del planeta on el clima està canviant de forma més severa. Es prediu que les temperatures pujaran entre 3 i 5°C a la península Ibèrica, en especial les estivals, però també augmentarà la variabilitat entre els anys, un fet que comportarà un risc més alt de patir onades de calor (Giorgi i Lionello, 2008). S'espera també un descens de fins un 30% de la precipitació, que vindrà acompanyat per una ocurrència més elevada de les sequeres estiuenques (Giorgi i Lionello, 2008). No obstant això, en altres estacions poden augmentar els episodis de precipitació extrema (Goubanova i Li, 2007). I per tant, si a la conca mediterrània s'avança el que ja de per si és una seriosa reducció dels cabals del riu, aquestes pluges torrencials probablement provocaran inundacions i grans incidents d'erosió (Feyen i Dankers, 2009). Altres efectes associats al canvi climàtic i ja detectats a la Mediterrània són els esdeveniments de mortaldat forestal a causa de la sequera (com els ocorreguts als alzinars de Montserrat el 1994, o a les pinedes de pi roig a Prades després de les sequeres de 1994, 1998 i 2000) i l'augment de la freqüència i extensió dels incendis forestals.

L'increment de la temperatura, la disminució de la humitat i l'augment dels períodes en els quals es produeixen aquestes condicions, produïdes pel canvi climàtic, estan clarament lligades a un augment en el risc d'incendi, a causa de l'acumulació de combustible sec als ecosistemes forestals. I a més, com més incendis, més alliberament de diòxid de carboni



(CO₂) a l'atmosfera i per tant un efecte hivernacle més gran. Si bé és cert que en les darreres dècades s'ha parat l'augment progressiu en el nombre i extensió dels incendis gràcies a la creació dels sistemes de detecció i extinció (Lloret *et al.*, 2009), és innegable que existeix un augment de la mateixa manera progressiu en el risc d'incendi (Moriendo *et al.*, 2006) que podria portar a unes condicions que superessin les capacitats dels equips de prevenció i extinció (com malauradament s'ha pogut comprovar en les catàstrofes esdevingudes l'estiu de 2012 a tot Espanya). Tot i que els ecosistemes mediterranis són especialment resilients als incendis de forma natural, l'augment en la seva freqüència pot portar a saturar la capacitat de recuperació d'un determinat bosc, i arribar a transformar el que abans era un característic dosser arbori en una zona arbustiva d'escassa cobertura. Malgrat tot, els incendis no són l'únic ni el més important dels factors de canvi en els usos del sòl a la regió.

A la Mediterrània es produeix un fort contrast en les pautes de canvi en l'ús del sòl entre el nord i el sud. Mentre que al nord d'Àfrica la desforestació augmenta a una velocitat rècord a escala mundial, a la part europea s'observen les taxes més grans de reforestació del planeta (Hansen i DeFries, 2004). A la Península l'augment de noves masses boscoses a causa de l'abandonament rural ha suposat el factor de canvi més gran en l'ús del sòl (per sobre de la destrucció d'hàbitats i els incendis) durant les últimes dècades (Hill *et al.*, 2008). La disminució de la massa forestal té importants conseqüències en els fluxos i reserves de carboni, la biodiversitat i el temps a escala local, per citar només algunes de les més importants. No obstant això, l'augment de la reforestació incontrolada també comporta serioses conseqüències negatives per als ecosistemes.

Abans de la recuperació boscosa, els terrenys abandonats poden patir erosió i invasions, com que àrees prèviament gestionades per a altres finalitats que esdevenen sobtadament delicades i breument fèrtils. Posteriorment, suposen vies de connexió per plagues i malalties forestals a causa de l'augment de la interconnexió entre diferents masses forestals i provoquen una disminució del flux d'aigua, ja que els arbres no només intercepten i redistribueixen les precipitacions, sinó que absorbeixen i emmagatzemen grans quantitats d'aigua del sòl. Finalment, aquests nous boscos també augmenten el perill d'incendi ja que es tracta d'àrees no gestionades (i, per tant, amb més quantitat de matèria vegetal acumulada), el que demostra el perill potencial de la interacció entre factors de canvi.

Els factors de canvi interactuen

Com s'ha descrit abans, el canvi climàtic i la reforestació incontrolada participen en l'augment del risc d'incendi. En efecte, els factors de canvi es combinen entre si, i creen noves amenaces (taula 1). Moltes de les combinacions entre diferents factors impliquen alteracions en el risc d'un altre factor, com en l'esmentat cas dels incendis (al qual se suma qualsevol activitat humana al bosc, ja que sempre implica risc d'ignició) o les invasions (que es beneficien de noves àrees obertes produïdes per la desforestació o els incendis, de les febles plantacions d'espècies foranes i de l'artificial fertilitat provocada per les deposicions de nitrogen, N). Altres combinacions produeixen l'alteració dels efectes d'un factor, com les reaccions fisiològiques que provoca la deposició de N i l'increment en la producció d'ozó i de CO₂ en les plantes, que es veuen modificades per l'augment de la temperatura i la sequera.

Taula 1. Principals efectes derivats de la interacció entre factors de canvi global (text en blau) a la regió mediterrània. En blanc les combinacions repetides o les del mateix factor (inclosa la de desforestació i abandonament, en ser dos processos de canvi en l'ús del sòl).

	Sequera i altres esdeveniments climàtics	Alteracions atmosfèriques	Desforestació i plantacions	Abandonament	Foc
Alteracions atmosfèriques	Efectes ecofisiològics				
Desforestació i plantacions	Augment de l'erosió Més flux d'aigua Expansió plagues	Augment del CO ₂			
Abandonament	Menys erosió Disminució del flux d'aigua	Absorció del CO ₂			
Foc	Augment de l'erosió Augment del risc d'incendi	Augment del CO ₂	Augment del risc d'incendi	Augment del risc d'incendi	
Invasions biològiques	Augment del risc d'invasió	Augment del risc d'invasió	Augment del risc d'invasió	Augment del risc d'invasió	Augment del risc d'invasió



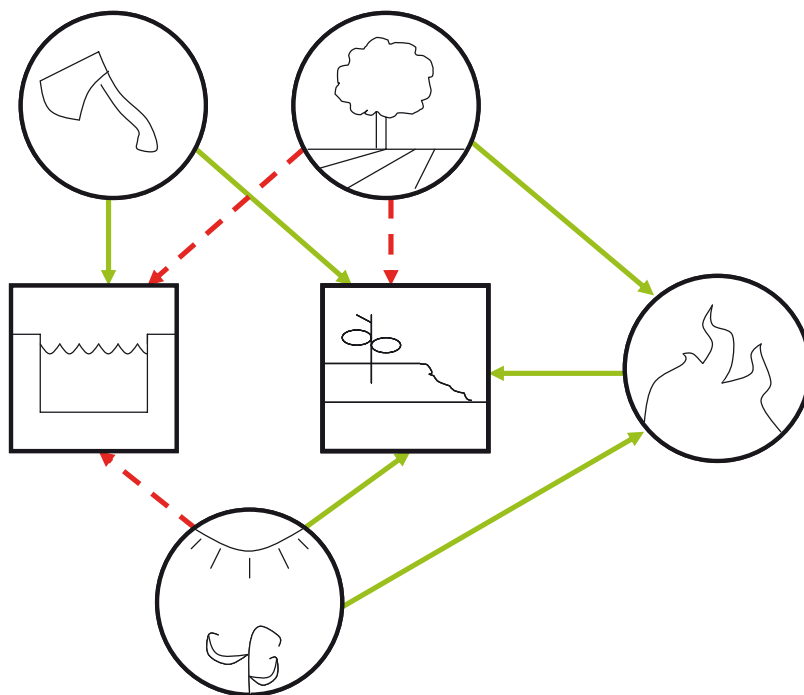


Figura 1. Exemple d'un escenari complex d'interaccions entre factors de canvi global. Els símbols circulars corresponen a factors de canvi (desforestació, abandonament de cultius, foc i sequera) mentre que els quadrats corresponen a les conseqüències, en la forma de disponibilitat de recursos hídrics i erosió. Les fletxes verdes contínues suposen un efecte positiu i les fletxes vermelles discontinues un efecte negatiu.

Finalment, certes combinacions produeixen noves perturbacions. Per exemple, l'erosió pot aparèixer per la suma dels efectes de la sequera, que disminueix l'activitat dels microorganismes del sòl, amb la manca de cobertura vegetal produïda per la tala o els incendis (o igualment, una cobertura vegetal inapropiada com les produïdes per les plantacions d'eucaliptus). Un altre exemple característic seria l'extensió de plagues en llocs prèviament vedats com passa amb la processionària, afavorida per l'escalfament global i les plantacions de pins a alçades inadequades.

Aquestes combinacions produeixen escenaris complexos en els quals s'han de valorar acuradament els avantatges i inconvenients de cada acció forestal. Una mostra d'aquesta situació s'origina en els boscos establerts a les conques dels rius mediterranis (fig. 1). És cert que la superfície forestal absorbeix CO_2 i pot suavitzar l'erosió que la sequera provoca en terrenys oberts. No obstant això, aquest increment de boscos juntament amb l'augment de temperatura podria augmentar el risc d'incendi, el que finalment es traduiria en grans esdeveniments d'erosió. És més, en un ambient per la manca d'aigua a causa de la sequera, s'han de sospesar amb cura els avantatges de noves superfícies forestals enfront de la disminució en els cabals d'aigua que provoca el seu manteniment.

Aquesta sèrie de combinacions entre perturbacions sotmet als ecosistemes mediterrà-

nis a una pressió per sobre de les seves capacitats de recuperació. En aquests ecosistemes les sequeres o els incendis són habituals i existeixen mecanismes per a la recuperació després d'esdeveniments d'aquest tipus. No obstant això, si es concentren i es combinen les perturbacions de la manera explicada, arriba un moment que els mecanismes de resiliència se saturen o són eliminats per un nou esdeveniment de perturbació. En una regió límit entre els sistemes temperats europeus i els sistemes àrids del sud, quan l'ecosistema es col·lapsa canvia cap a un estat d'aridesa des del qual la recuperació de la cobertura vegetal és molt més difícil (Solé, 2007). En altres paraules, evitar el canvi seria molt menys costós que revertir-lo.

Els ecosistemes mediterranis responen

La Mediterrània és una regió peculiar no només a l'hora d'encarar els efectes del canvi global, sinó que també ofereix moltes oportunitats per al seu estudi. L'heterogeneïtat d'ecosistemes que alberga la conca són el refugi d'una fauna i flora excepcionals, que la converteixen en punt calent de biodiversitat a escala mundial. Una diversitat capaç d'adaptar-se a situacions climàtiques extremes i oferir exemples de com hi respondre. Igualment excepcionals són la cultura, la història i la població mediterrànies. Una llarga tradició d'aprofitament dels recursos naturals en harmonia segueix present en molts



llocs de la regió i ha de ser rescatada davant la situació global a la qual ens enfrontem. D'altra banda, les grans diferències entre els pobles de la riba nord i sud de la Mediterrània ofereixen un contrast de sistemes de gestió forestal que permeten la comparació de metodologies diferents enfront als mateixos factors de canvi.

D'altra banda, la relació entre el canvi global i la forest no és unidireccional, sinó que la forest pot al seu torn modificar els efectes del canvi global. Entre els exemples descrits en l'anterior secció també s'aprecia com les masses forestals poden disminuir l'erosió i absorbir gasos generadors de l'efecte hivernacle (i suavitzar així els efectes del canvi climàtic), com els terrenys més clars disminueixen el risc d'incendi i absorbeixen menys quantitats d'aigua, o com els ecosistemes naturals inalterats dificulten l'establiment d'espècies invasores. La interacció entre els ecosistemes mediterranis i el canvi global discorre per tant en un o altre sentit i pot ser alterada mitjançant la gestió forestal (fig. 2). Per avaluar correctament la manera d'intervenir en les forests mediterrànies és necessària la investigació multidisciplinària i a gran escala, i la transferència dels resultats d'aquesta investigació cap a la gestió forestal.

El projecte MONTES Consolider

“Les forests espanyoles i el canvi global, amenaces i oportunitats” és el lema del projecte MONTES Consolider (fig. 3), que uneix l'esforç de 95 especialistes pertanyents a 13 institucions de recerca en ecologia terrestre (Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals, Centre Tecnològic Forestal de Catalunya, Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries, Estación Biológica de Doñana, Centro de Ciencias Medio-Ambientales, Instituto de Diagnóstico Ambiental y Estudios del Agua, Universitat Rey Juan Carlos, de Barcelona, de Granada, de Castilla la Mancha i d'Edimburg, Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas i el National Center for Atmospheric Research)

amb l'objectiu de comprendre interaccions entre el canvi global i les muntanyes mediterrànies per generar les estratègies de gestió necessàries que permetin adaptar-se al canvi i mitigar-ne els efectes.

Entre les investigacions més importants dutes a terme pel projecte MONTES destaquen l'estudi de les emissions vegetals a l'atmosfera en un rang d'escales des de les mateixes fulles fins a l'ús d'informació per satèl·lit, el cartografiat i modelització de les reserves i fluxos de carboni a Espanya inclòs el contingut en els sòls forestals, l'estudi dels efectes del canvi climàtic en la distribució vegetal replicat al llarg de tot un gradient estatal, el desenvolupament de models de paisatge que integren canvi climàtic i incendis i la modelització de les missions i captació de CO₂ lligades a incendis. La majoria d'aquests estudis es troben encara en procés d'anàlisi de les dades obtingudes però alguns resultats interessants comencen a aflorar d'aquestes i altres investigacions. Entre d'altres, gràcies a MONTES sabem que els boscos espanyols acumulen C a una taxa de 1,4 Mg C per hectàrea i any, però aquesta es redueix amb el canvi climàtic i a causa de la incorrecta gestió dels ecosistemes, que la sequera redueix la biomassa dels arbustos mediterranis encara que augmenta la quantitat de matèria morta, incrementant el perill d'incendi, que aquests mateixos arbustos són extremadament resistents a la mortaldat per sequera a causa de la resistència del seu banc de llavors, que els canvis històrics en l'ús del sòl afecten la capacitat de recuperació postincendi dels boscos actuals, que l'abundància i diversitat de les espècies de plantes residents disminueix amb l'arribada de les invasores, etc. Estudis d'aquest tipus, que al seu torn generen productes d'interès per a la gestió, només són possibles a les escales proporcionades per la col·laboració i la multidisciplinarietat dels organismes implicats. La inversió en ciència queda per tant justificada davant la situació de crisi econòmica en què ens trobem, de la qual només es sortirà defensant eficientment els recursos de què disposem.



Figura 2. La interacció entre els ecosistemes i el canvi global es desenvolupa a través de tres eixos fonamentals: 1, la influència del canvi global en l'estructura i el funcionament de la muntanya; 2, la manera com les forests poden fer variar els efectes del canvi global; i 3, la modificació de les interaccions mitjançant la gestió forestal.



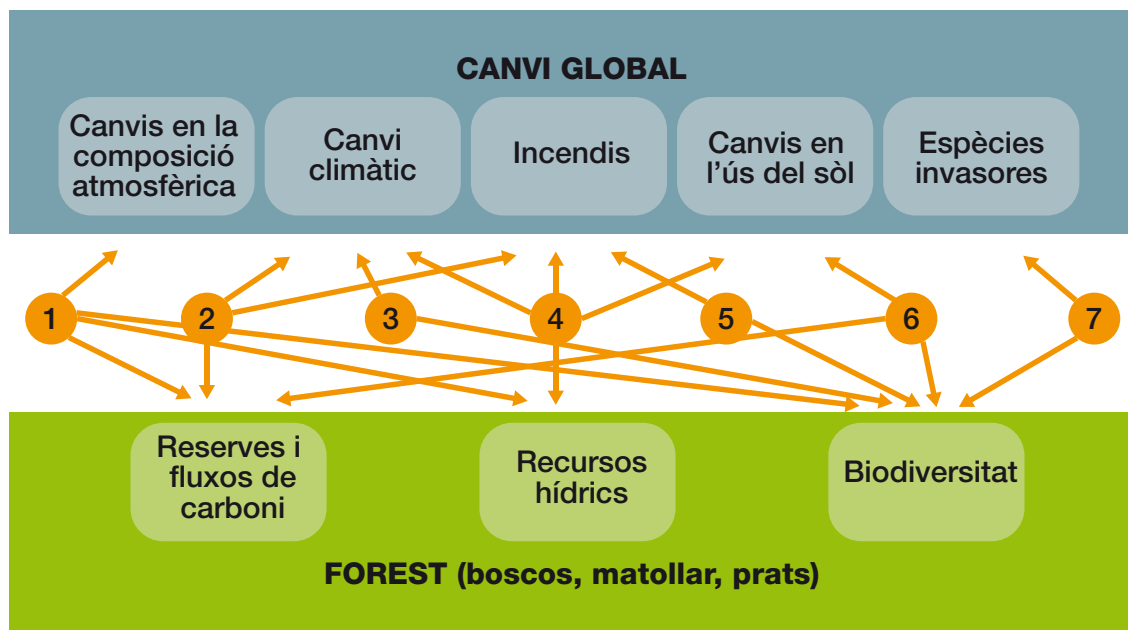


Figure 3. El projecte MONTES Consolidar considera totes les combinacions entre els efectes dels diferents factors de canvi global sobre la forest mediterrània i la resposta dels principals serveis ecosistèmics proporcionats per aquesta sobre els mateixos factors de canvi. Un cop analitzades les possibles interaccions, es va decidir dividir el projecte en una sèrie de grups de treball que s'ocupen dels nodes més importants d'interacció, i que són: 1, les interaccions entre forest i l'atmosfera; 2, canvi en la fixació de carboni a la forest; 3, canvis en la distribució d'espècies causats pel canvi climàtic; 4, conseqüències sobre la disponibilitat d'aigua; 5, conseqüències dels canvis d'ús del sòl i fragmentació en la conservació d'espècies; 6, vulnerabilitat de les espècies al foc i gestió preventiva dels grans incendis; 7, invasions ecològiques i conseqüències en la biodiversitat.

Agraïments

Aquest article és el fruit d'una conferència dins del cicle del seminari "Una mirada al bosc", organitzada del 7 al 29 de març de 2012 per la Secció de Ciències Naturals del Museu de Mataró, gràcies doncs a Moisès Guardiola per la seva invitació i al públic assistent que amb tant interès va participar en el debat posterior. Més informació sobre el projecte MONTES-Consolidar, CSD 2008-00040, pot trobar-se al web del projecte: <http://www.creaf.uab.es/montes>

Bibliografia

Feyen, L. i Dankers, R. (2009). Impact of global warming on streamflow drought in Europe. *Journal of Geophysical Research*, 114: D17116.

Giorgi, F. i Lionello, P. (2008). Climate change projections for the Mediterranean region. *Global and Planetary Change*, 63: 90-104.

Goubanova, K. i Li, L. (2007). Extremes in temperature and precipitation around the Mediterranean basin in an ensemble of future

climate scenario simulations. *Global and Planetary Change*, 57: 27-42.

Hansen, M.C. i DeFries, R.S. (2004). Detecting long-term global forest change using continuous fields of tree-cover maps from 8-km advanced very high resolution radiometer (AVHRR) data for the years 1982-99. *Ecosystems*, 7: 695-716.

Hill, J., Stellmes, M., Udelhoven, T., Röder, A. i Sommer, S. (2008). Mediterranean desertification and land degradation. Mapping related land use change syndromes based on satellite observations. *Global and Planetary Change*, 64: 146-157.

Lloret, F., Piñol, J. i Castellnou, M. (2009). Wildfires. In: Woodward, J. (ed.), *The Physical Geography of the Mediterranean*, pp. 541-558. Oxford University Press, New York.

Moriondo, M., Good, P., Durao, R., Bindi, M., Giannakopoulos, C. i Corte-Real, J. (2006). Potential impact of climate change on fire risk in the Mediterranean area. *Climate Research*, 31: 85-95.

Solé, R. (2007). Scaling laws in the drier. *Nature*, 449: 152-153.

