

DOSSIÈRTÈCNIC

FORMACIÓ I ASSESSORAMENT AL SECTOR AGROALIMENTARI

N66 | EL CANVI CLIMÀTIC EN L'AGRICULTURA I EL MEDI NATURAL

Novembre 2013

P03 Canvi climàtic **P09** Potencials efectes del canvi climàtic en l'agricultura catalana: alguns conreus característics
P19 Principals efectes del canvi climàtic sobre els boscos de Catalunya i sobre la seva gestió
P23 Els espais naturals protegits davant el canvi global **P28** L'entrevista



ruralCat

La comunitat virtual agroalimentària
i del món rural

www.ruralcat.net



Generalitat de Catalunya
**Departament d'Agricultura, Ramaderia,
Pesca, Alimentació i Medi Natural**
www.gencat.cat/agricultura



PRESENTACIÓ



Domènec Vila Navarra
Director General d'Alimentació, Qualitat
i Indústries Agroalimentàries

El canvi climàtic no reconeix fronteres, ni en l'espai ni en el temps i, com a conseqüència del seu abast global, és una problemàtica amb un elevat grau de sensibilitat social: només ens cal veure la proliferació de publicacions, de notícies als mitjans, de reunions o de tallers, que s'han portant a terme en els darrers anys.

Aquesta sensibilitat també es palesa amb les reunions al més alt nivell governamental, sota el paraigua de Nacions Unides, a fi que els països més desenvolupats fixin uns nivells d'emissions de gasos que mitiguin els efectes del canvi climàtic. Cal continuar amb el que es va aconseguir amb el protocol de Kyoto, sobre la reducció d'emissions, i el que es pugui concretar en la reunió de París del proper 2015, amb l'objectiu que a partir del 2020 l'augment de temperatura global no sigui superior a 2°C.

La sensibilitat governamental també es concreta en la creació d'oficines dedicades al canvi climàtic; per això, des del *Dossier Tècnic*, que edita el DAAM, també volem aportar, si més no, els elements per poder tenir un millor coneixement sobre quins són els factors que generen aquest canvi climàtic, sobre com ens està afectant o sobre quines són les potencials repercussions en l'agricultura del futur.

Molts són els bioindicadors del impactes del canvi climàtic a Catalunya, des de papallones, passant per quiròpters, peixos o algunes plantes més sensibles, que ens demostren que alguna cosa està passant.

En aquest *Dossier Tècnic* es vol posar de manifest aquesta complicitat entre el medi natural i l'agricultura, aprofitant que en el medi natural i més concretament en els espais naturals protegits, per les seves especials característiques de protecció de la biodiversitat, és on podem veure com evolucionen les poblacions més sensibles de la fauna i flora que hi està representada, des del mar fins a l'alta muntanya passant pels ecosistemes mediterranis del nostre país.

En aquests laboratoris privilegiats que són els espais naturals protegits, des de fa anys, es desenvolupen estudis per poder detectar com està influïnt el canvi climàtic sobre la fauna i la flora, amb resultats que efectivament hi ha espècies, tant animals com vegetals, pròpies d'unes determinades característiques del medi que comencen a fer-se menys visibles i, al contrari, apareixen espècies més pròpies d'altres latituds on es donen unes altres característiques ambientals. Concretament, als espais naturals marítims protegits de Catalunya, els estudis realitzats constaten la presència de peixos propis d'aigües més càlides; en altres zones de l'interior, també es constata que les papallones es desplacen cap a latituds més al nord,... i així molts més exemples.

Tot aquest coneixement generat ens ha de servir per a la seva aplicació en l'agricultura i ens ha de permetre conèixer quins potencials canvis es poden donar en determinats cultius per tal de poder preveure a llarg termini quines actuacions més adequades s'han de plantejar en el moment de gestionar l'explotació agrària.

També és cert que els efectes del canvi climàtic no són propis del moment que estem vivint, on tot té una immediatesa, sinó que és un canvi a "càmera lenta", cosa que ens pot fer pensar que no té gaire importància, però això no vol dir que no s'estigui produint.

Espero que aquest *Dossier Tècnic* us sigui d'utilitat i que us permeti tenir una visió més acurada d'aquest procés de canvi global en el qual estem immersos.

Dossier Tècnic. Núm. 66
"El canvi climàtic en l'agricultura i el medi natural".
Novembre de 2013

Edició
Direcció General d'Alimentació,
Qualitat i Indústries Agroalimentàries.

Consell de Redacció
Domènec Vila Navarra, Jaume Sió Torres, Joan Gòdia Tresanchez, Xavier Clopès Alemany, Ignasi Rodríguez Galindo, Joaquim Xifra Triadú, Agustí Fonts Cavestany (IRTA), Montserrat Alomà Masana, Mireia Medina Sala, Àngela Seira Sanmartin, Joan S. Minguet Pla i Josep M. Masses Tarragó.

Coordinació
Josep Maria Masses Tarragó.

Producció
Teresa Boncompte Ribera, Josep Maria Masses Tarragó i Annabel Teixidó Martínez.

Correcció i assessorament lingüístic
Joan Ignasi Elias Cruz.
Lluís Piqueres Pla.
Núria Domènech Pont.

Grafisme i maquetació
Hands On

Impressió
Ediciones Gráficas Rey, S.L.
Paper 50% reciclat i 50% ecològic.

Dipòsit legal
B-16786-05
ISSN: 1699-5465

El contingut dels articles és responsabilitat dels autors. DOSSIER TÈCNIC no s'hi identifica necessàriament. S'autoritza la reproducció total o parcial dels articles citant-ne la font i l'autor.

DOSSIER TÈCNIC es distribueix gratuïtament. En podeu demanar més exemplars a l'adreça: dossier@ruralcat.net

Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural
Gran Via de les Corts Catalanes, 612, 4a planta
08007 - Barcelona
Tel. 93 304 67 45. Fax. 93 304 67 02
e-mail: dossier@ruralcat.net

Més recursos, enllaços i versió electrònica al web de RuralCat: www.ruralcat.net

Foto portada:
Autor: Josep Maria Masses

CANVI CLIMÀTIC



Foto 1. Fons Banc Iconogràfic de la Generalitat de Catalunya (BIG). Autor: José Antonio Fernández Castro.

Tant la comunitat científica que treballa sobre el canvi climàtic, com les evidències que vivim en el nostre dia a dia, ens estan alertant en els darrers anys que el nostre planeta està experimentant canvis en el seu sistema climàtic produïts per l'escalfament global. Atès que el clima mundial és un sistema summament complex, és difícil concretar en quina mesura el canvi climàtic ens afectarà sobre el nostre estil de vida. Però és evident que alguna cosa ja ha començat a passar. I si hi ha alguna activitat productiva que depengui directament del clima i de la seva variabilitat, aquesta és sens dubte l'agricultura. Un canvi de comporta-

ment de les temperatures i del règim habitual de precipitacions, o l'increment de la concentració del CO₂ atmosfèric, afecten i afectaran d'una manera significativa –positiva en uns, negativa en altres– el desenvolupament dels cultius.

En el seu últim informe presentat el 2007 (4t informe)¹, el Grup Intergovernamental d'Experts en Canvi Climàtic (IPCC en anglès) ha determinat que l'origen de l'escalfament global i del consegüent canvi climàtic, ja inqüestionable, és fonamentalment antròpic, és a dir, provocat per l'activitat humana.

01 Què és l'efecte d'hivernacle?

A l'atmosfera que embolcalla el nostre planeta, hi ha una sèrie de gasos (sobretot el vapor d'aigua i el diòxid de carboni) que presenten una propietat coneguda com a efecte d'hivernacle, és a dir, són transparents a la llum visible del sol però absorbeixen i reemetten la radiació infraroja (l'escalfor) reflectida per la superfície de la Terra. D'aquesta manera, impedeixen que part d'aquesta radiació escapi de la Terra i contribueixen al fet que la temperatura mitjana de l'aire superficial del planeta sigui d'uns 15°C, una temperatura

¹ L'informe del 2007 constitueix el 4t Informe de l'IPCC. És molt probable que quan es publiqui aquest article ja hagi sortit a la llum el que serà el capítol I del 5è Informe. Aquest capítol fa referència a les bases científiques. Posteriorment aniran sortint publicats el capítol II relatiu a Impactes, Adaptació i Vulnerabilitat (març de 2014), el capítol III sobre Mitigació (abril 2014) i per últim el document de síntesi (octubre 2014). Més informació a: <http://www.ipcc.ch/>.

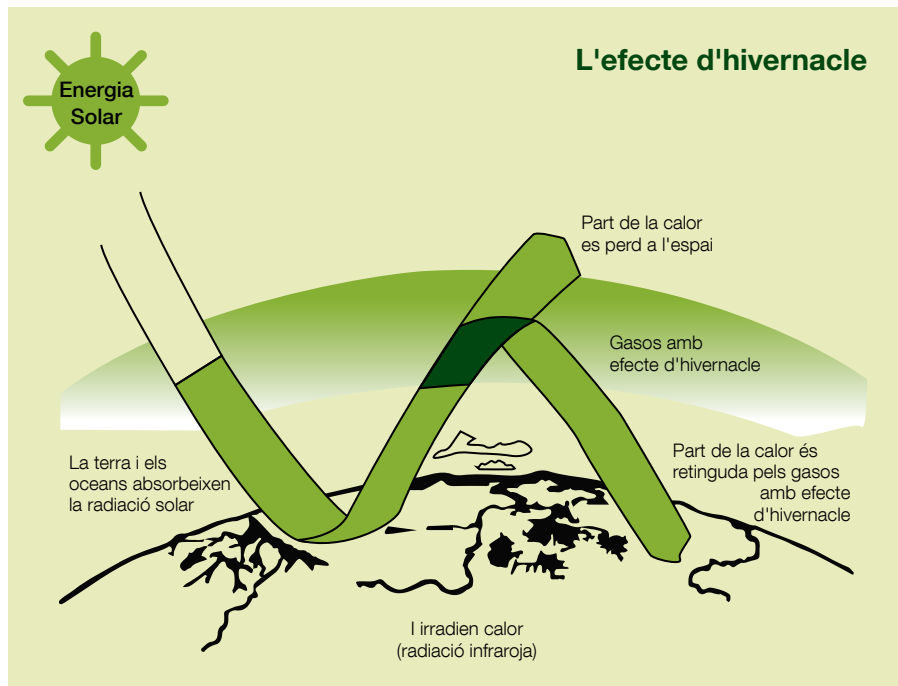


Figura 1. Font: Quaderns de Medi Ambient. Col·lecció Documents número 4: La política internacional contra el canvi climàtic. Cimeres de Rio de Janeiro, Kyoto i Buenos Aires. 1998. Generalitat de Catalunya.

apta per a la vida. L'efecte d'hivernacle és, per tant, un fenomen natural de l'atmosfera.

El problema actual és que la quantitat d'aquests gasos naturals amb efecte d'hivernacle a l'atmosfera ha augmentat i que s'hi han abocat, a més, gasos amb efecte d'hivernacle no presents de forma natural a l'atmosfera. Aquest increment comporta una alteració en el balanç energètic del planeta i conseqüentment també canvien les variables que defineixen el clima. D'aquí el concepte de canvi climàtic, el qual posa en perill la composició, la capacitat

de recuperació i la productivitat dels ecosistemes naturals i el mateix desenvolupament econòmic i social, la salut i el benestar de la humanitat.

02 Gasos amb efecte d'hivernacle

Els gasos amb efecte d'hivernacle són components gasosos de l'atmosfera, tant naturals com d'origen antropogènic, que absorbeixen i reemetten radiació infraroja.

A mesura que incrementa la concentració d'aquests gasos, la radiació infraroja és absorbida a l'atmosfera i reemesa en totes direccions, la qual cosa contribueix que la temperatura mitjana de la Terra augmenti. Aquest fenomen s'anomena efecte d'hivernacle perquè l'absorció i posterior emissió de radiació infraroja també la fan el vidre i certs plàstics amb els quals es fabriquen els hivernacles.

Els gasos atmosfèrics que contribueixen a l'efecte d'hivernacle són:

- el diòxid de carboni (CO₂).
- el metà (CH₄).

- l'òxid nitrós (N₂O).
- el vapor d'aigua.
- l'ozó.
- els halocarbons: els hidrofluorocaburs (HFC), els perfluorocaburs (PFC), l'hexafluorur de sofre (SF₆) i el trifluorur de nitrogen (NF₃)

Els quatre primers es troben de forma natural a la composició de l'atmosfera. L'activitat industrial i el transport, en cremar combustibles fòssils, desprèn grans quantitats de diòxid de carboni i òxid de nitrogen. El metà es genera com a resultat de l'activitat agrícola i ramadera. Els halocarbons són d'origen antropogènic i es van començar a fabricar a partir dels anys quaranta. De tots aquests gasos els que són objecte d'especial atenció en els tractats internacionals són els tres primers i els halocarbons. Així mateix, cal tenir present que no tots tenen la mateixa capacitat d'efecte hivernacle. Es pren com a unitat de referència el CO₂, al qual se li assigna una capacitat d'efecte d'hivernacle d'1 i la resta es fa per comparació amb ell. El metà, per exemple, tindria una capacitat d'efecte hivernacle 21 vegades més gran. D'aquesta manera, es poden sumar en una única unitat les contribucions de cada un dels gasos. Aquesta unitat es coneix com a CO₂ equivalent.

03 El canvi climàtic observat a Catalunya

És que a Catalunya, el Servei Meteorològic de Catalunya, ha constatat l'augment de la temperatura mitjana anual, que ha estat a casa nostra d'uns 0,24°C per dècada per al període 1950-2011, de forma més acusada a l'estiu (fins a 0,35°C per dècada). Els canvis sobre les precipitacions, però, són molt més difícils d'establir o constatar de forma clara, especialment en el nostre àmbit mediterrani, de gran variabilitat pluviomètrica estacional i interanual, a més de la seva característica distribució espacial irregular. Tanmateix, per al període 1950-2011, s'ha observat una reducció de la precipitació a l'estiu del 5,4% per dècada.

Els canvis constatats en les darreres dècades estan provocant importants alteracions en el cicle anual de moltes plantes i animals. Les fulles de molts arbres, les flors de moltes plantes o molts insectes associats avancen la seva aparició entre 10 i 20 dies abans del que



L'escalfament del sistema climàtic és inequívoc i l'activitat de l'ésser humà és la causa dominant d'aquest escalfament des de mitjans del segle XX.

² Per a la resta de gasos, podeu consultar els seus potencials d'escalfament a la pàgina web de l'IPCC: <http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/ch2s2-10-2.html>.

ho feien fa de 30 a 50 anys. El canvi climàtic comportarà canvis de caràcter hidrològic als rius, estanys, embassaments, zones humides, etc. A la vegada, les alteracions dels règims fluvials i/o de les característiques i la qualitat de l'aigua tindran una incidència tant directa com indirecta sobre l'estructura i el funcionament dels ecosistemes associats i sobre els sectors socioeconòmics.

04 La planificació a Catalunya

Fruit d'aquestes evidències, actuant d'acord amb les recomanacions europees i exercint les nostres responsabilitats, des de la Generalitat de Catalunya s'han planificat aquelles actuacions adreçades a afrontar el canvi climàtic, tant en la seva vessant de mitigació com d'adaptació.

Entenem per mitigació totes aquelles accions orientades a reduir les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle. I entenem per adaptació aquelles accions que contribueixen a augmentar la capacitat d'ajust dels sistemes naturals o humans als canvis climàtics i als seus impactes per tal de moderar-ne els danys i/o explotar-ne els beneficis.



Foto 2. Fons Banc Iconogràfic de la Generalitat de Catalunya (BIG). Autor: Mariano Cebolla.

05 Mitigació del canvi climàtic en l'agricultura i la ramaderia a Catalunya

Segons les darreres dades dels inventaris oficials, les emissions de GEH en el sector de l'agricultura i la ramaderia es van situar al 2011 al voltant dels 4 milions de tones de CO₂ equivalent a l'any, que representen el 8,5% de

les emissions totals a Catalunya. S'hi inclouen les emissions derivades d'activitats agrícoles, d'activitats de fermentació i gestió de fens, i les derivades dels usos de fertilitzants, entre altres activitats.

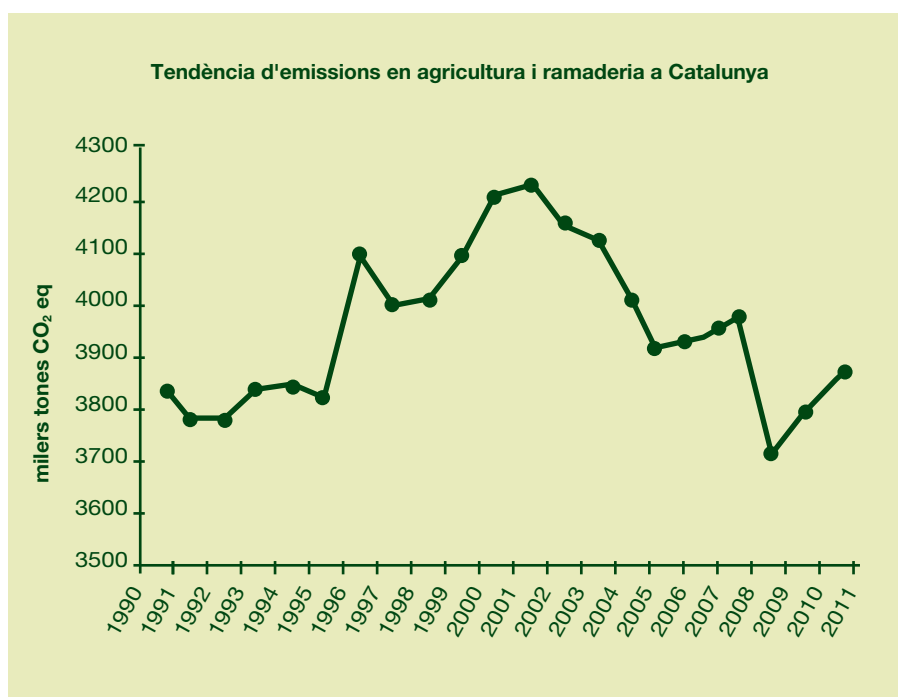
Les principals categories emissores en el sector de l'agricultura i la ramaderia són la gestió dels fens, la gestió de sòls agrícoles i la fermentació entèrica.

El Pla Marc de Mitigació per al període 2008-2012 establia mesures per reduir les emissions del sector en 0,259 milions tones de CO₂ equivalent a l'any, destacant les actuacions adreçades a la biodigestió dels purins, l'aprofitament energètic dels residus de biomassa agrícola i la millora de l'eficiència energètica del sector agrari i ramader.

El Pla de l'Energia i Canvi Climàtic de Catalunya horitzó 2020, aprovat recentment (octubre 2012), també incorpora les accions a dur a terme a l'agricultura i la ramaderia a Catalunya en la seva vessant energètica.

06 L'agricultura i l'adaptació al canvi climàtic a Catalunya

L'augment de temperatures previst comportarà canvis en la productivitat dels cultius. Per a determinades espècies i zones del territori, la producció disminueix com a conseqüència



Gràfic 1. Elaboració OCCC a partir de les dades de l'Inventari espanyol d'emissions de GEH.



Foto 3. Fons Banc Iconogràfic de la Generalitat de Catalunya (BIG). Autor: Inés Casanello.

de l'estrès tèrmic; per a d'altres, l'augment de temperatures comporta un increment de productivitat gràcies a l'estimulació biològica. No obstant això, l'efecte positiu de la temperatura pot estar amenaçat si l'aigua i els nutrients no es troben en quantitats necessàries.

Cal tenir present que altres factors determinants en la productivitat també són vulnerables als efectes climàtics: increment de la respiració nocturna i de la mineralització del sòl, disminució de la disponibilitat hídrica, sequeres, gelades i altres fenòmens extrems o increment de l'aridesa i la desertificació.

Els canvis en la floració i la germinació (canvis fenològics) comporten un avançament de l'inici del període de creixement i manteniment de la planta i una reducció del temps necessari per completar el cicle vital, així com canvis en la maduració i desacoblament en la fecundació.

Un altre impacte previst serà l'augment dels danys produïts per l'aparició de malalties i plagues que afectarien la producció agrícola. També és de preveure un major establiment de plantes exòtiques que podran arribar a desplaçar la flora nativa.

Cal destacar també l'impacte de l'increment del risc d'incendis forestals, a causa de les condicions climàtiques extremes, sobre les

Mesures d'adaptació en el món agrícola; generació i transferència de coneixement

- Elaborar un mapa de vulnerabilitats de cultius i espècies animals d'interès productiu a Catalunya més susceptibles de patir els impactes climàtics previstos.
- Fomentar les investigacions de l'IRTA i d'altres centres de recerca i departaments universitaris en tot el referent a l'impacte de l'eficiència en l'ús de l'aigua sobre la productivitat dels cultius, siguin de reg o de secà.
- Gestionar les oportunitats que comportarà l'adaptació sobre el sector i els canvis de model productiu, energètic i en els hàbits alimentaris i els patrons de consum.
- Estudiar i posar en valor agronòmic les espècies i/o varietats pròpies o forànies adaptades a les noves condicions ambientals d'acord amb els treballs genètics i ecofisiològics.
- Establir jornades informatives al sector amb l'objectiu principal de transferir la tecnologia i les mesures de gestió entre els usuaris

Mesures d'adaptació en el món agrícola; augment de la capacitat adaptativa

- Incorporació en la Planificació del reg agrícola dels impactes observats i projectats del canvi climàtic a Catalunya i, especialment, de les actuals deficiències en la garantia de disponibilitat d'aigua.
- Aplicació de mesures de gestió que evitin la salinització, l'erosió i la pèrdua de la matèria orgànica dels sòls a Catalunya. En concret, aplicació de mesures per a la reducció de l'abandonament de terrenys de secà per evitar la reforestació, l'augment de risc d'incendis, l'alteració del cicle hidrològic...
- Incorporació correcta de matèria orgànica al sòl (compost, dejeccions ramaderes, fangs, etc.).
- Establiment d'un programa de treball amb el sector agrícola per tal de debatre'n la implantació i recomanacions sobre possibles mesures i propostes d'adaptació: canvis en l'època de plantació dels cultius, en les espècies i varietats de plantació en funció de l'àmbit territorial, recuperació i millora de varietats autòctones, reducció de les necessitats energètiques de reg, reducció de les despeses de transport (mitjançant transport marítim) de productes acabats (p. ex., vi, oli, etc.).
- Establiment d'un programa de treball amb el sector ramader per tal de debatre'n la implantació i recomanacions sobre possibles mesures i propostes d'adaptació (adequació de les instal·lacions animals, adequació de les dietes per fer front als canvis del clima, sanitat animal, canvis d'espècies, regulació dels períodes de pastura a muntanya, nous sistemes productius...).
- Foment de les mesures adreçades a la intensificació de les modernitzacions de regadius que comportin un millor i més racional aprofitament de l'aigua amb el mínim sobrecost energètic.
- Afavoriment de la implantació de l'agricultura de proximitat a través d'incentius fiscals per tal d'aconseguir una agricultura sostenible.
- Impuls al reg de suport per als cultius tradicionals de secà (olivera, vinya, etc.) amb l'objectiu d'assegurar la seva pervivència i productivitat.
- L'abandonament de secans provoca una recolonització i, en conseqüència, canvis en el balanç d'aigua. Cal promoure l'eficiència en l'ús de l'aigua també en els secans; l'aigua estalviada en els grans regs hauria de servir per a aquest i d'altres usos.
- Impuls a la ramaderia extensiva.



Foto 4. Fons Banc Iconogràfic de la Generalitat de Catalunya (BIG). Autor: Richard Martín.



Foto 5. Fons Banc Iconogràfic de la Generalitat de Catalunya (BIG). Generalitat de Catalunya.



L'augment de temperatures previst comportarà canvis en la productivitat dels cultius. Per a determinades espècies i zones la producció disminuirà com a conseqüència de l'estrès tèrmic; per a d'altres, pot comportar un increment de productivitat gràcies a l'estimulació biològica. No obstant això, l'efecte positiu de la temperatura pot estar amenaçat si l'aigua i els nutrients no es troben en quantitats necessàries.

diverses produccions agrícoles. Així mateix, l'abandonament dels conreus de secà comporta un increment de massa silvícola amb el consegüent perill d'incendi. Fenòmens meteorològics extrems (onades de calor, sequera o vent) en moments claus del cicle vital de les espècies cultivades tenen una incidència molt negativa sobre el seu rendiment final, per exemple, en el moment de floració i quallat del fruit en fruiters, o en el moment d'emplenament del gra de cereals en condicions de secà. També provoquen l'alteració de l'epidermis que acaba prenent un color gris o torrat (escaldats) de determinats fruits (pomeres, pereres...). D'altra banda, cal considerar que, davant la incidència d'un fenomen extrem, augmenta l'estrès de les plantes cultivades i, en conseqüència, aquestes són més susceptibles a les infeccions.

L'agricultura de secà, i especialment els cereals, poden veure compromesa la seva productivitat actual, com ja ha succeït en els pitjors escenaris de sequeres recents. En els conreus llenyosos com la vinya o l'olivera es podria generalitzar l'actual tendència de reg de suport que s'observa a les àrees més seques. Però serà el sector del regadiu el més afectat, ja que es podrien produir augments de la demanda d'aigua per efecte d'una major evapotranspiració i sumar aquest efecte al d'una menor disponibilitat de cabals, quan ja avui disposen, en general, d'una garantia relativament ajustada. Caldria valorar si els conreus tradicionals

d'aquestes espècies amb rendiments menors, però també amb menors despeses i, per tant, amb una eficiència molt similar a l'obtinguda en els mateixos conreus més tecnificats (que necessiten de més inversió i més despesa) són més adaptables al context climàtic.

07 Autor



Salvador Samitier i Martí
Oficina Catalana del Canvi Climàtic
Departament Territori i Sostenibilitat
salvador.samitier@gencat.cat

POTENCIALS EFECTES DEL CANVI CLIMÀTIC EN L'AGRICULTURA CATALANA: ALGUNS CONREUS CARACTERÍSTICS



Foto 1. Floració dels ametllers en el Priorat. Autora. Felicidad de Herralde.

01 Introducció

L'agricultura és la principal empresa de l'ús de la terra en tot el món, generant un important desenvolupament econòmic, social i cultural, junt a oferir una àmplia gamma de serveis. És important destacar que l'agricultura, tot i la seva tecnificació, continua sent molt sensible a les variacions del clima, que és la principal font global de variabilitat interanual en la producció agrícola, tot i que cada cop més fenòmens especulatius generen fenòmens additius a aquesta resposta (Aggarwal 2003, 2008; Tubiello and Amthor 2007).

L'agricultura, la jardineria i el paisatgisme poden ésser definits com l'ús de la producció primària en el nostre interès, prèvia planificació i gestió d'aquesta.

Les plantes conreades en un sentit ampli són totes les espècies o varietats que donen menjar, fibres, drogues, plaer estètic, milloren l'ambient i la qualitat de les nostres vides... El nombre d'espècies vegetals emprades és increïblement gran a causa de l'ampli rang geogràfic on han de créixer i a l'important va-

riació en les atribucions que els hi conferim. És impossible parlar respecte d'un nombre concret d'espècies, o de grups botànics, o d'atributs morfològics o fisiològics comuns. Aquest és un gran repte, ja que estem incloent en el mateix grup algues, falgueres, herbes, gramínies, arbusts, vinyes, arbres, cactus... (Savé 2009).

En el primer món, la gestió agrícola està canviant, ja que ha d'oferir algun tipus de valor afegit. En aquest sentit, la qualitat, l'estabilitat, la traçabilitat, el respecte al medi són factors productius molt importants (Reguant 2011).

Un altre punt important que s'està desenvolupant i consolidant en el món agrícola és el del paisatge. Aquest concepte antic ja apareix en el llibre dels Salms, es manté en la literatura romàntica i noucentista fent sobretot referència a un concepte estètic, geogràfic i fins a un cert punt estàtic o molt poc dinàmic (Naveh & Lieberman 1894) i és totalment revisat i redefinit en el concepte d'"Ecologia del paisatge" segons el qual, aquest és la representació visual d'una intrincada xarxa de biodiversitat (Zonneveld 1995; Sanderson & Harris 2000).

El paisatge litoral i prelitoral mediterrani està format per una gran diversitat d'hàbitats (boscos, matollars, zones agrícoles, zones urbanitzades) de mides i usos molt diversos (Forman and Godron 1986, Forman 1995). Les interrelacions entre ells presenten certs problemes com poden ser la distribució de l'aigua entre diferents sectors socials, la fragmentació excessiva dels terrenys agrícoles per infraestructures, el desenvolupament d'àmplies zones impermeables, la reducció i la utilització dels cabals hídrics superficials, la sobreexplotació dels recursos hídrics subterranis, el trencament de corredors biològics naturals, la introducció massiva d'espècies foranes, etc. (Forman 2004). Al seu torn, aquestes interrelacions generen problemes nous com poden ser els canvis en els fluxos d'aigua i nutrients, la producció de grans quantitats de residus en curts espais de temps, l'augment de temperatura per l'illa de calor, etc. la qual cosa s'agreuja en situacions de manca de recursos hídrics, com els que periòdicament afecten la zona i els que potencialment poden afectar en major mesura i intensitat d'acord les previsions de canvi climàtic.



Totes les condicions ambientals promouen dèficits hídrics en els teixits, promouen estrès, i per tant pèrdues en la productivitat dels conreus.

En un model de societat en què el sector primari dedicat a l'agricultura i que per diferents raons socioeconòmiques promou que cada any es generi l'abandó de terres marginals i menys productives, recolzat per les ajudes de la PAC, fa que a mitjà termini es converteixen en matolls, bosquets i més tard en boscos heterogenis (Poyatos *et al.*, 2003; Reguant 2011). Això, al seu torn, provoca una heterogeneïtat espacial i una fragmentació del paisatge que pot tenir implicacions a nivell hidrològic, com pot ser una disminució del cabal dels rius.

A finals del segle passat, principis de l'actual, es desenvolupa el terme "Restauració del paisatge", que incideix en la necessitat de tornar el paisatge al seu nivell original de biodiversitat després de patir alguna mena de perturbació, que pot realitzar-se d'una manera natural o bé amb l'ajuda de tècniques i sistemes (Harker *et al.* 1999; Klopatek & Gardner 1999).

La restauració del paisatge es basa en la resiliència dels sistemes, en les suposicions que les forces que actuen negativament, degradant un determinat hàbitat, són temporals i que part d'aquestes pèrdues que es produeixen són recuperables. El terme restauració del paisatge, tot i seguint principis ecològics generals, centra majoritàriament la seva activitat en les comunitats vegetals (Young, 2000).

Aquest bagatge teòric ajudarà primer a entendre els efectes en i deguts a l'agricultura del **canvi global**, les seves vulnerabilitats, les adaptacions i finalment, si és possible, les solucions. Tot això incidirà en el paisatge, en la biodiversitat, en els cicles de nutrients i d'energia, en els de l'aigua i el carboni...

Cal tenir en compte, que tal com diu Ramon Folch (2009, el *Periódico de Catalunya*) l'aigua es mou en un únic riu planetari i per tant en aquest és on, d'una manera similar a un sistema

circulatori, apareixeran reflexos de totes les funcions i disfuncions del metabolisme global. Per tant, la seva importància es cabdal pel funcionament dels ecosistemes i la seva connectivitat. El sector socioeconòmic que consumeix, que gestiona més aigua en tot el país, és el sector agrícola, que utilitza aproximadament el 80% dels recursos hídrics (Borràs 2009).

La característica més important de les plantes verdes es l'assimilació del CO₂ (Cowan 1978), totes les altres característiques fisiològiques (vacuola, cutícula...) són secundàries (Larcher 1980, 1995, 2003; Kartiens 1996).

Les plantes necessiten mantenir oberts els estomes en un ambient molt sec, com es l'atmosfera, consegüentment perden aigua contínuament (transpiració) i s'estableix un flux hídric continu entre el sòl i l'atmosfera (Pasioura 1982, 1988, 2001).

També el creixement és absolutament dependent de la turgència, per tant l'estat hídric, la quantitat d'aigua en els teixits i com aquesta està retinguda és clau per la productivitat (Bradford and Hsiao 1982).

Totes les condicions ambientals promouen dèficits hídrics en els teixits, promouen estrès. L'estrès descriu unes condicions ambientals adverses pel normal creixement. Aquestes con-



Foto 2. Paisatge agroforestal en el Priorat. Autora, Felicidad de Herralde.

dicions però sobretot la seva combinació en un curt espai de temps poden promoure important estressos en els plantes, en els conreus.

La sequera, primària o secundària, al principi promou la reducció en la pèrdua d'aigua per mantenir el balanç hídric de teixits en el rang fisiològic actiu; a llarg termini aquesta regulació comportarà pèrdues en productivitat.

El potencial **canvi climàtic** atribuïble al canvi global, pot incrementar la temperatura a nivell local o general (IPCC, 2007; Sheffield and Wood 2007), i aquests petits canvis de temperatura poden tenir una gran influència a nivell del balanç de carboni atmosfèric (Valentini *et al.* 2000).

Així, determinades zones del planeta, del país (vegeu projecte ACCUA; Llebot 2010) estan més exposades i són potencialment més vulnerables al canvi climàtic i conseqüentment a pèrdues de productivitat agrícola directe (menor producció) o indirecte (majors costos).

Aquest increment tèrmic no serà el mateix arreu del món (IPCC 2004); sembla que serà especialment important en la conca Mediterrània (Pinyol *et al.* 1998). Així, d'acord amb les prediccions més pessimistes, la temperatura pot incrementar-se fins a 4°C i la pluviometria pot tenir una davallada entre un 10 a un 40% (Rosenzweig and Tubiello, 1997).

Algunes respostes poden ser reversibles i poden ajudar les plantes a resistir l'estrès i mantenir-ne la productivitat, el que s'anomena enduriment. Altres són irreversibles i promou efectes nocius sobre la vida vegetal i la productivitat.

En el nostre cas, Catalunya i per extensió l'ecosistema mediterrani està caracteritzat per un doble estrès (Terradas and Savé 1992) i a fenòmens climàtics de gran abast com l'Oscil·lació de l'Atlàntic Nord (OAN), l'Oscil·lació de la Mediterrània Occidental (WeMO) i l'Oscil·lació de l'Àrtic (AO) (López-Bustins *et al.* 2008; Saladier *et al.* 2006, 2007).

A l'estiu, baixa la disponibilitat hídrica en el sòl junt amb elevats dèficits de pressió de vapor a nivell atmosfèric, que promouen inhibicions en el creixement vegetal i diferents efectes negatius en el seu desenvolupament (Di Castri and Money 1973, Savé *et al.* 1999).



Foto 3. Costers de vinyes velles en Porrera (Priorat). Autora. Felicidad de Heralde.

De totes maneres, tot i el valor dels diferents components del canvi global, del climàtic, allò realment important és la seva integral, la sequera.

02 Previsions dels models

Les previsions que es desprenen de la valoració de diversos models per generar escenaris de canvi climàtic diuen que la Mediterrània es veurà afectada per períodes de sequera de mitjana durada (4-6 mesos) i llarga durada (més de 12 mesos), sent 3 i 8 vegades més freqüents aquests episodis que en l'actualitat (Sheffield and Wood 2008; SMC 2013). Això caldrà matisar-ho en positiu o negatiu respecte de les condicions locals, la regionalització, segons l'orografia, l'alçada, la proximitat al mar... (ACCUA 2010, SMC 2013).

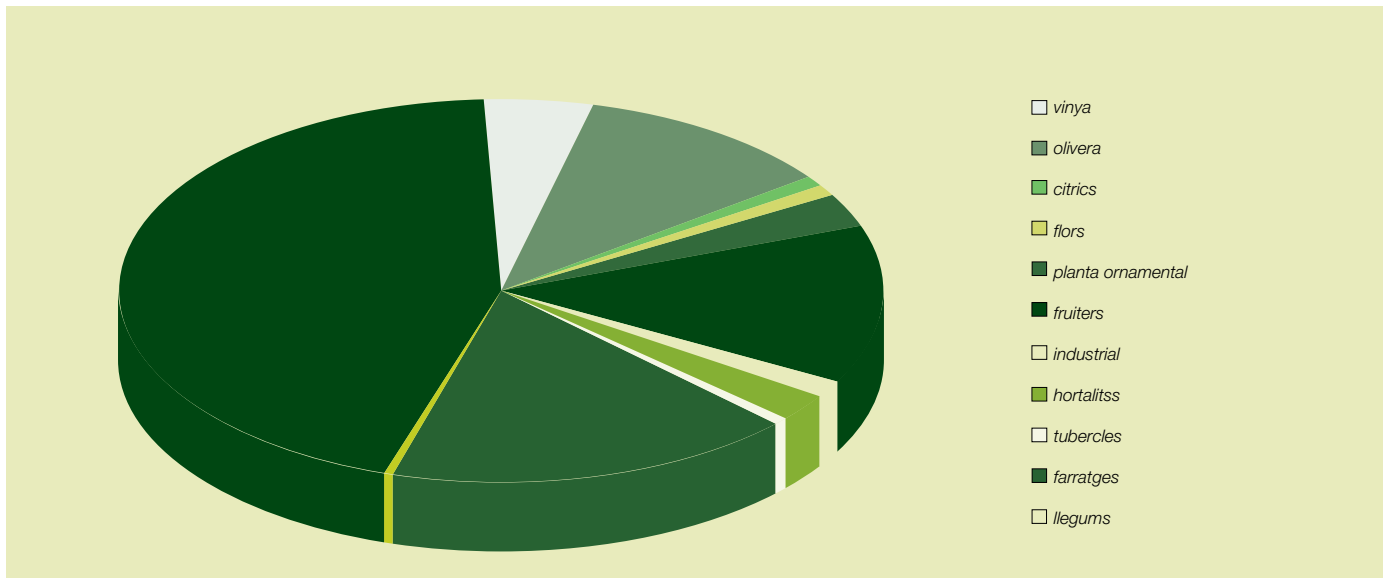
Els estressos més importants (Levitt 1980) són:

Abiòtics: sequera, negament, salinitat, temperatures altes, temperatures baixes, refredament i congelació, alta radiació, ozó, deficiències minerals, etc.

Biòtics: insectes, fongs, bacteris, virus, elictors, competència entre espècies.



El canvi climàtic no serà uniforme arreu del país, essent les temperatures les que tindran majors canvis, mentre la precipitació no mostra tendències clares, tanmateix la combinació d'ambdós mostra un clar increment en la sequera.



Gràfic 1. Distribució del 33% de la superfície de Catalunya per cultius.



El canvi global promou la combinació de molts estressos en el mateix espai i temps, la qual cosa pot promoure efectes sinèrgics sobre la vegetació, en els conreus.

Antropogènics: aire (O₃, NO_x, SO₂, aerosols), aigua (salinitat, microbiologia, metalls pesants, drogues...) i sòl (metalls pesants, pèrdua d'estructura...) pol·lució, herbicides, pluja àcida, deposició seca, turisme...

El canvi global promou la combinació de molts d'ells en el mateix espai i temps, la qual cosa pot promoure efectes sinèrgics sobre la vegetació, en els conreus (Terradas 2010).

També se sap que el canvi global, climàtic, acompanyat amb un increment anual en la variabilitat del sector agrícola incrementarà les dificultats i els riscos en aquest sector (Reguant 2011). En l'agricultura, la jardineria i el paisatgisme els factors que més directament poden actuar sobre la productivitat són:

L'increment en la temperatura pot promoure increments en l'ETP, en la respiració del sòl, en la quantitat de matèria orgànica, que a la vegada redueix la capacitat del sòl per actuar com a lloc d'emmagatzematge i font d'aigua per a la vegetació (Schultz 2000).

L'increment CO₂ ha d'incrementar la productivitat i l'eficiència en l'ús de l'aigua, tanmateix a la fi les plantes desenvolupen una regulació de la fotosíntesi i la productivitat retorna als valors originals o inferiors (Drake *et al.* 1997; Long *et al.* 2004; Pardo *et al.* 2008).

L'increment en la radiació UV promou importants canvis morfològics, fisiològics i bioquímics per tractar d'evitar els efectes negatius sobre la vegetació. Tot i els efectes negatius sobre el creixement, aquest estrès pot incrementar la biosíntesi de flavonoides i alguns antioxidants (Jensen *et al.* 1998).

La sequera promou una reducció en el creixement, però en l'àrea mediterrània en general aquesta apareix en combinació amb altres estressos i, en conseqüència, els efectes poden ésser modificats per les interaccions (Shaver *et al.* 2000).

Altres estressos, en sentit ampli, són l'aparició de plagues, malalties i males herbes, les quals poden passar d'ésser meres anècdotes a tenir una significació en els conreus, jardins,... a causa del canvi global (Lipa, 1997, 1999).

Així mateix, els estressos ambientals són la major causa de pèrdua de productivitat: així, les collites actuals es redueixen de 3 a 7 vegades respecte de la productivitat potencial.

Els estressos abiòtics i la competència amb les males herbes representen el 90% d'aquesta reducció, les malalties el 6% i els insectes el 4%. Essencialment tots els conreus estan afectats estacionalment i/o anyalment, per sequera, negament o fred (Faust 1986).

Històricament, la producció agrícola s'ha confós amb la productivitat, és a dir, la quantitat de producte potencialment comercialitzable per unitat de superfície i de temps, la qual cosa fa que s'estigui molt lluny del coneixement de la producció primària real i en conseqüència els potencials balanços de carboni, aigua i nutrients, siguin difícils, aproximats i moltes vegades massa allunyats de la realitat.

Així, no es tenen en compte els creixements de parts de la biomassa que no són directament productius, bé perquè s'eliminen al llarg del conreu, generalment anualment, en successives podes de formació, conducció, adaptació (branques i fulles), bé perquè no es tenen en compte (arrels).

Actualment, en la superfície de Catalunya el 57% són boscos o masses forestals, el 33% conreus (68% de secà i la resta de regadiu amb protecció o no) (Gràfic 1), el 4,6% està urbanitzada i el 5,4% són terrenys no aprofitats.

bles (lleses, llacs, rius i estrats d'alta muntanya) (Anglès 2009; DAAR 2007).

Cal també tenir en compte per a l'agricultura, com ja s'ha explicat, la gran quantitat de diferents espècies varietats, combinacions patró/varietat que s'utilitzen en la pràctica agrícola, que s'ha de combinar en una gran variabilitat ambiental natural (micro i mesoclimas, característiques dels sòls i les aigües) junt amb la generada mitjançant mètodes i sistemes agrònoms (reg, fertilització, control de patologies, conducció...). Tot això genera dificultats per obtenir informació clara i precisa dels efectes del canvi climàtic, del canvi global en els nostres conreus.

També hi ha un forat en el coneixement, perquè fins ara, amb petites excepcions, com es l'exemple de relació institucional i treball conjunt real IRTA-CREAF, l'agronomia i l'ecologia havien estat dues disciplines allunyades, sinó contraposades, donada la complexitat dels agroecosistemes des d'un punt de vista natural i social, per la gran implicació humana, que dificulta l'aplicació de la teoria ecològica i la interpretació de l'agronomia (Gliessman 1990).

Per aquest motiu, des de l'any 2008, l'IRTA aposta per l'estudi del medi ambient i el canvi global, de com aquest afecta i afectarà l'agricultura i com es poden generar mecanismes d'adaptació i mitigació en front d'aquests estressos, tot mantenint una producció agrícola, suficient i de qualitat.

Així, es constituí el subPrograma Ecofisiologia a Torre Marimon (Caldes de Montbui, Barcelona), per poder treballar en condicions mediterrànies normals, no afectades per la suavització climàtica del mar i així poder desenvolupar estudis d'integració del doble estrès sequera/fred, característic del clima mediterrani; en assajos de llarga durada, alguns d'ells llenyosos; poder construir estructures experimentals grans estables (rizotron, assaig de competència entre espècies forestals...).

Tot això ha permès un important salt quant a la informació generada i estudiada en els darrers 5 anys, en el marc de les relacions amb el CREAF (projectes CONSOLIDER, ACCUA, SUMIDERS, CARBOSTOCK, GRIFO...Life MEDACC), els quals tracten l'horticultura (des de l'horta a les plantacions llenyoses) a escala de paisatge.

Com a conseqüència d'aquesta activitat, Ecofisiologia està representada, participant activament en el Grup d'Experts del Canvi Climàtic de la GENCAT (varen ésser redactors de l'apartat Embornals, del 2n Informe sobre el Canvi Climàtic a Catalunya, 2010); en la comissió de l'aigua del CADS; com a representant espanyol pel sector agroforestal en la Alianza Internacional del Cambio Climático, en el MAGRAMA; ha col·laborat amb l'OCCC i més concretament en l'ESCACC; en la coordinació del sector agroforestal de la xarxa estatal REMEDIA, que permet rebre informació aliena de qualitat, contrastar la pròpia amb especialistes de reconeguda vàlua i, en fi, col·laborar amb l'agricultura catalana, en la implantació de mesures d'adaptació i mitigació al canvi climàtic, sempre en el context d'una producció sostenible, que doni béns i serveis a tota la cadena de producció.

L'agricultura en el Mediterrani està constituïda per diferents conreus amb una productivitat limitada per les condicions ambientals, però millorada fruit de mètodes i sistemes agrònoms generats en base al coneixement genètic i ecofisiològic de les espècies conreades. Tanmateix hi ha forat, el sòl, en el qual s'ha d'intentar mantenir els continguts de matèria orgànica a uns nivells adequats mitjançant l'aportació de matèria orgànica que en la majoria d'àrees agrícoles deriven del material vegetal (residus de la poda, de collita...), dels fems animals i de fangs de depuradora, que han de tractar de compensar les pèrdues per l'oxidació de la matèria orgànica, les extraccions dels conreus i l'erosió del sòl (Brady *et al.*, 2002).

La matèria orgànica sovint no supera el 10% dels components del sòl, però és clau en algunes de les propietats que en determinen la qualitat: augmenta la resistència davant l'erosió, la capacitat de reserva d'aigua, la capacitat d'intercanvi catiònic, i constitueix una reserva de nutrients en mineralitzar-se, de manera que el contingut de matèria orgànica es considera, sovint, com un indicador de la qualitat del sòl. No només actua com a reservori de carboni, sinó que també afavoreix el segrest de carboni per la biosfera en la mesura que augmenta el potencial productiu del sòl (Alcañiz *et al.*, 2005) i, en condicions mediterrànies, és el gran reservori d'aigua.

El clima és un factor important en la formació i el desenvolupament del sòl. Així, l'augment de les temperatures, el potencial canvi de la intensitat i la freqüència de precipitacions i més sequeres greus, junt amb la variabilitat tempo-



El canvi global, climàtic, acompanyat amb un increment anual en la variabilitat del sector agrícola incrementarà les dificultats i els riscos en aquest sector.

ral d'aquestes, podran promoure canvis en les característiques fisicoquímiques i biològiques del sòl, i això pot donar lloc a l'alliberament d'importants quantitats de gasos d'efecte hivernacle. Pot donar lloc, també, a un increment en la respiració autòtrofa i heteròtrofa (Alcañiz *et al.* 2005).

Cal, però, tenir en compte les limitacions d'informació que dificulten la modelització d'aquests processos en les pràctiques agrícoles i forestals (EEA report 4/2008).

El sòl és un dels punts importants per al funcionalisme global i molt especialment agrícola, ja que d'entre altres té les funcions de:

- subministrament d'aigua i nutrients per al creixement de les plantes i la producció d'aliments
- regulació del cicle de l'aigua; cicles de nutrients, emmagatzematge de carboni i la regulació de gasos d'efecte hivernacle; la captura dels contaminants
- font de matèries primeres
- la preservació del patrimoni cultural
- hàbitats per a les espècies animals i vegetals, el manteniment de la seva diversitat biològica i genètica
- suport als assentaments humans, proporcionant una base per als edificis i les infraes-

estructures, l'eliminació del material de rebuig, l'estabilitat dels vessants

Per a l'agricultura, els dos primers són i seran de cabdal importància i per tant disposar de molta i bona informació ha de permetre desenvolupar eines de gestió. En aquesta línia, la Unió Europea ha desenvolupat l'estratègia temàtica per a la protecció del sòl (CE, 2006) i ha declarat que diverses funcions del sòl, entre les quals destaquen d'entre altres la valoració del sòl, com un dels components del sistema aigua i el seu paper en el cicle global del carboni. Tanmateix aquesta visió dels papers mediambientals del sòl cal desenvolupar-los més i integrar-los dins de la consciència col·lectiva, ja que fins ara el sòl s'ha valorat en el context de les terres de conreu i la fertilitat per a la producció de cultius i malauradament també en el seu valor urbanístic.

Si es produeixen canvis significatius en els patrons de precipitacions, aquests afectaran la formació del sòl i les funcions, la qual cosa és i serà molt important en el nostre país, influït, a més del canvi global, per les pròpies característiques del clima mediterrani (Terradas and Savé 1999) i en un futur, cada cop més proper, pel canvi climàtic. Com a part del continu hídric sòl-planta-atmosfera té una participació activa i directa en els canvis en la qualitat de l'aigua, en la

carrega d'aigües subterrànies i en el creixement de les plantes, funció que realitza modulant les sortides per evapotranspiració i les entrades per escorrentia capacitat de retenció.

Una altra funció molt important i cabdal en l'informe que ara es desenvolupa és la d'actuar com un embornal de carboni: l'absorció de diòxid de carboni de l'atmosfera i, per tant, la mitigació de l'escalfament global. En zones amb baixes temperatures i suficient la humitat, la descomposició de la biomassa (fulles, tiges, arrels de les plantes) és reduïda i dona lloc a l'acumulació de matèria orgànica del sòl. Les temperatures elevades acceleren la respiració autòtrofa i heteròtrofa generant un augment en les emissions de diòxid de carboni i metà del sòl. Aquest és el cas de bona part de Catalunya, on es pot veure incrementat per les potencials projeccions del canvi climàtic.

Baixos nivells de carboni orgànic en el sòl són generalment perjudicials per a la seva fertilitat i la capacitat de retenció d'aigua, a la vegada que tendeixen a augmentar la compactació del sòl i per tant a augmentar les aigües superficials d'escorrentia i l'erosió. També donen lloc a reduccions de la diversitat biològica i una major susceptibilitat a àcid o alcalí, que pot promoure majors alli-

beraments de CO₂ a l'atmosfera (Janssens, 2004; Bellamy, 2005).

03 Plantejament de solucions

Un impacte previsible del canvi climàtic sobre els sòls mediterranis és la pèrdua de matèria orgànica per increment de mineralització i disminució de les aportacions de la vegetació. Atès que molts dels sòls de Catalunya ja en són pobres, aquesta pèrdua pot tenir efectes en cadena sobre propietats físiques com l'estabilitat de l'estructura, el risc d'erosió o la disminució de les taxes d'infiltració, entre altres (Alcañiz *et al.*, 2005).

Les principals mesures per reduir els efectes negatius del potencial canvi climàtic, dins del canvi global, són els canvis en la coberta terrestre i l'adaptació de les pràctiques de maneig de la terra (Liski *et al.* 2002; Janssens *et al.* 2004, Smith *et al.* 2005, 2006).

En determinades condicions climàtiques, les pastures, els conreus de secà i els boscos tendeixen a tenir majors existències de carboni orgànic que les terres de cultiu i són vistos com a embornals nets de carboni (Vleeshouwers i Verhagen, 2002; Funes *et al.* 2013). Així, les pràctiques de maneig de la terra amb l'objectiu d'incrementar la producció primària neta conservant els residus de la collita o després de collita i reduir les pèrdues de la biomassa subterrània de descomposició són i seran mesures importants per mantenir i incrementar la funció del sòl com a embornal de carboni.

En les condicions actuals i en les potencialment futures poden plantejar-se solucions a curt i mitjà/llarg termini per reduir la vulnerabilitat i augmentar l'evitació i la tolerància de les pràctiques agrícoles al canvi global, fruit de les quals la capacitat dels nostres conreus per actuar com a embornals de carboni primer serà coneguda i després, en la mesura del possible, incrementada. Aquestes poden ésser (Aggarwal 2008; Easterling *et al.* 2007; Savé *et al.* 2009):

1.- Adequar el material vegetal al lloc de destí i a l'ús previst, tenint en compte les seves característiques ecofisiològiques (resistència a sequera, temperatures extremes, salinitat, contaminació, relació amb altres organismes...). Incrementar la biodiversitat agrícola per evitar el risc mono específic, monocultural.

Efectes del canvi climàtic en l'agricultura					
Necessitats de reg de diferents conreus					
Conca del Fluvià			1984-2008	2009-2030	2076-2100
Blat de Moro	A2	mm	87.0	109.7	257.4
	A2	%	----	26	196
	B1	mm	103.4	106.5	213.6
	B1	%	----	3	107
Pomera	A2	mm	54.6	55.8	89.6
	A2	%	----	2	64
	B1	mm	60.8	51.6	80.0
	B1	%	----	-15	32
Noguera	A2	mm	91.0	98.5	192.4
	A2	%	----	8	111
	B1	mm	98.6	90.0	156.9
	B1	%	----	-9	59

Per mantenir les produccions actuals alguns conreus tindran que incrementar la disponibilitat de l'aigua

Taula 1. Necessitats hídriques de diferents conreus al llarg del segle XXI en la conca del Fluvià. A2 i B1 escenaris del Grup Intergovernamental d'Experts sobre el Canvi Climàtic. A2 Escenari de canvi climàtic sever; B1 Escenari de canvi climàtic lleu. (vegeu projecte ACCUA) http://www.irta.cat/ca-ES/RIT/Noticies/Pagines/Canvi_climatic_conques_ACCUA.aspx

2.- Millorar l'emmagatzemen d'aigua i la fertilitat dels sòls. Seleccionar els millors sòls per cada funció. Conservar els sòls amb valor agrícola front els processos urbanitzadors.

3.- Incrementar l'eficiència en l'ús de l'aigua mitjançant mètodes i sistemes que integrin les nostres necessitats com a usuaris i les disponibilitats de material vegetal i aigua.

3.1.- Sensors per ajudar en la presa de decisions agronòmiques (agricultura de precisió).

3.2.- Aigües regenerades.

3.3.- Plans de regadius

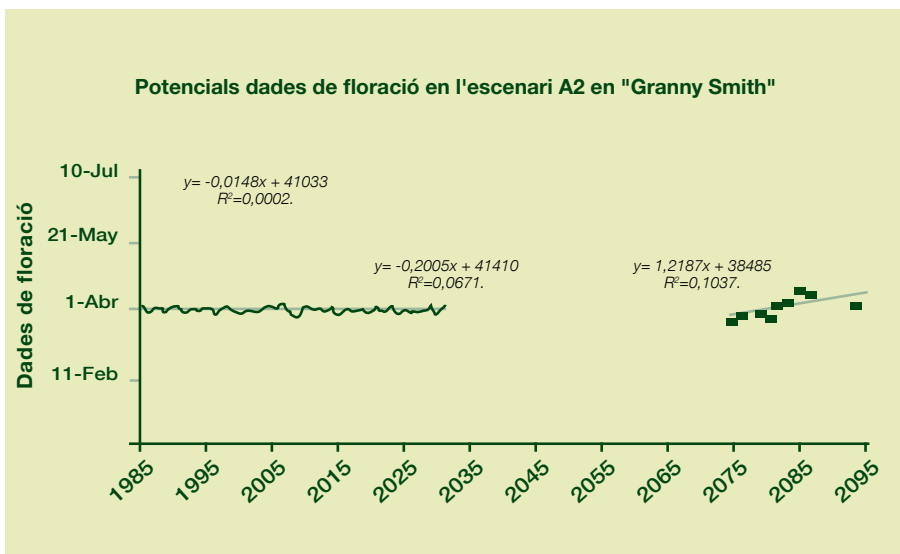
4.- Valorar la pràctica agrícola com un component més del paisatge, i per tant assumir que totes les actuacions fetes des de dins i des de fora repercuteixen en les xarxes tròfiques, positivament o negativament.

5.- Considerar que les demandes agrícoles seran a nivell regional, però molt afectades per la globalització i l'increment de població, que haurà de resoldre's políticament, des del desenvolupament de normes socials (assegurances, subsidis, preus garantits per la producció, l'aigua i l'energia...), regulacions racionals dels preus del sòl, de l'aigua i la seva propietat, i també incentivant la gestió dels conreus com a grans reguladors hídrics i embornals de carboni.

A tall d'exemple, mostrarem dues mesures d'adaptació al canvi climàtic, com són les de desenvolupament d'aproximacions al càlcul de les necessitats hídriques de diferents conreus al llarg del segle XXI en la conca del Fluvià (Taula 1), que ha d'ajudar a decidir respecte a disponibilitats d'aigua i, per tant, aprofitament de les fonts a l'abast, tot plantejant la màxima eficiència en el seu ús directe i indirecte, evitant problemes de contaminació (nutrients, patògens, microcontaminants...) (Savé et al. 2012; Calderón et al. 2013 a, b) i l'estudi dels potencials canvis en la floració en varietats de pomera en la mateixa conca (Taula 2), per ajudar en la selecció de varietats i llocs de plantació.

També mostrem una mesura de mitigació com és el del càlcul dels embornals de carboni en la viticultura catalana actual (Figura 3), per poder contribuir als compromisos de Kyoto, que té el país i poder afegir a més, aquests embornals,

Efectes del canvi climàtic en l'agricultura				
Canvis fenològics en els conreus				
POMERA				
Variables fenològiques	Escenari	Període de referència	2009-2030	2076-2100
DIES AMB TEMPERATURA MITJANA > 2,5 i < 9,2 °C	B1	44.4	35.0	23.3
	A2		40.4	16.8
DIA TEMPERATURA MITJANA=10°C	B1	24 Març	24 Març	19 Març
	A2		23 Març	14 Març
GOD (base T ^o =10°C)	B1	2016.2	2140.6	2573.5
	A2		2092.7	2858.2
DIA QUAN GDD=900	B1	16 Juliol	10 Juliol	28 Juny
	A2		14 Juliol	20 Juny
DIA QUAN GDD=1200	B1	8 Agost	1 Agost	18 Juliol
	A2		4 Agost	9 Juliol
DIES TMAX>35°C JULIOL	B1	0,1	0.1	2.2
	A2		0.2	7.3
DIES TMAX>35°C AGOST	B1	0,1	0.3	4.2
	A2		0.8	10.2



La temperatura afectarà del dates de floració, així com la possibilitat de florir.
 L'aparició de fulles es pot avançar.
 La maduració dels fruits es pot accelerar.
 L'estrès per elevades temperatures es pot incrementar durant el mes d'agost.

Taula 2. Potencials canvis en la floració en varietats de pomera en la conca del Fluvià al llarg del segle XXI. A2 i B1 escenaris del Grup Intergovernamental d'Experts sobre el Canvi Climàtic. A2 Escenari de canvi climàtic sever; B1 Escenari de canvi climàtic lleu. (vegeu projecte ACCUA) http://www.irta.cat/ca-ES/RIT/Noticies/Pagines/Canvi_climatic_conques_ACCUA.aspx



Cal incrementar els coneixements de base i la seva potencial aplicabilitat en el sector agrícola, perquè les vulnerabilitats ho siguin sobretot a nivell potencial i per fer que l'agricultura gestioni grans cicles com són el de l'aigua i el carboni, amb una mentalitat i visió ecològica, que permeti integrar aquest sector en el paisatge d'una manera activa.



Hi haurà canvi, s'està produint, però hi ha marge de canvi, per produir potser no el mateix, però si amb les mateixes característiques funcionals, per a l'usuari.

en la política REDD (desforestació evitada), fins ara centrada en masses forestals (lògic per a països amb alta/mitjana pluviometria), en llocs amb una pluviometria propera als 400 mm (límit del bosc), on les masses conreades llenyoses de secà, sobretot, poden desenvolupar una important funció d'embornal de carboni, tot donant servei agrícola i social (Funes *et al.* 2013).

04 Conclusions

A Catalunya, es disposa de poca i fragmentària informació del paper de l'agricultura com a embornal i el seu paper en el balanç de carboni en les condicions actuals, i en les quals

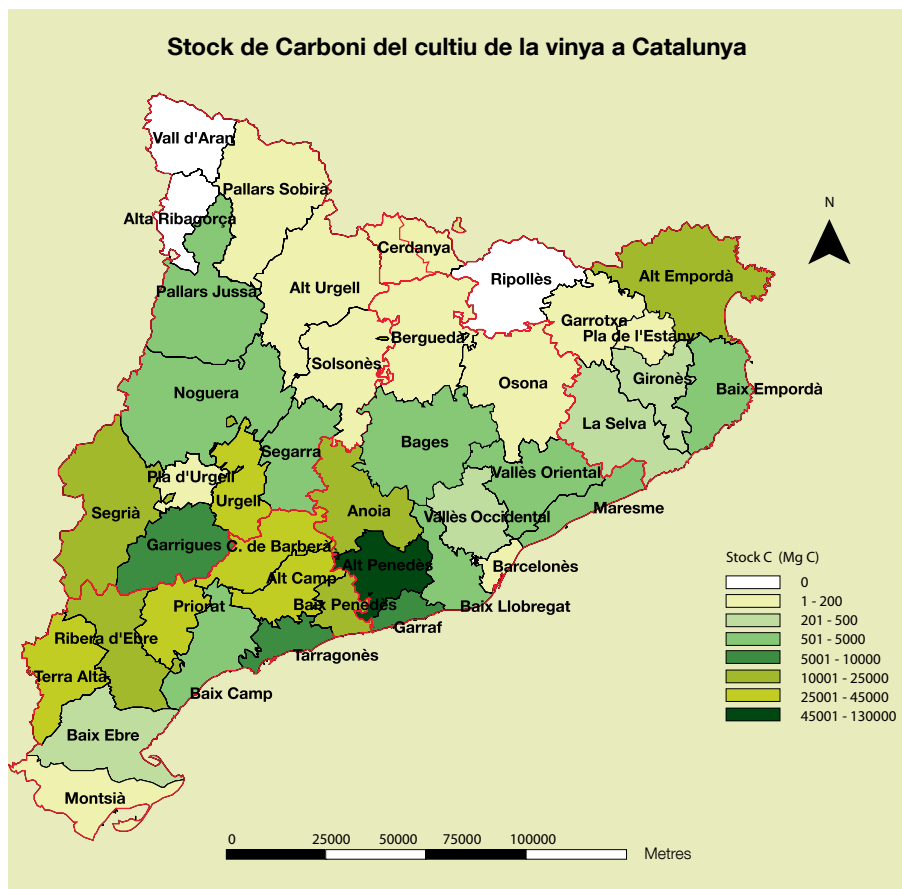


Figura 1. Localització i quantificació dels embornals de carboni en la viticultura catalana actual.

previsiblement es derivaran del canvi global, del canvi climàtic.

Cal incrementar els coneixements de base i la seva potencial aplicabilitat en el sector agrícola, perquè les vulnerabilitats ho siguin sobretot a nivell potencial i per fer que l'agricultura gestioni grans cicles com són el de l'aigua i el carboni, amb una mentalitat i visió ecològica, que permeti integrar aquest sector en el paisatge d'una manera activa.

L'evidència del canvi és cada cop més clara, tot i que molts dels canvis i situacions que ara tenim, patim... no en són el resultat, i poden ser-ne fins i tot la causa (canvis en usos de sòl, que donen lloc a pèrdues de biodiversitat, o canvis en els fluxos d'aigua, que són causa de canvi climàtic, no en són conseqüència).

En agricultura, cal considerar i valorar les mesures adaptatives i de mitigació del sector agroforestal, ja que sembla que a mitjan segle XXI les probabilitats de sequeres, sobretot ambientals (ja que la pluviometria no mostra clars patrons de canvi), junt amb fenòmens climàtics extrems, poden con-

dicionar sobretot la fenologia dels cultius (canvis en les dates de floració, d'aparició de fulles i la seva caiguda, de maduració, de sincronisme floració-pol·linitzador...) i per tant el seu tractament agronòmic (densitats de plantació, gestió forestal, selecció d'espècies i/o varietats, dates de plantació, formes de conducció, aprofitament de la pluja millorant les característiques dels sòls, on hi hagi regadiu, optimitzar l'ús de l'aigua i on no hi sigui fer servir fonts alternatives amb la mateixa filosofia...).

Hi haurà canvi, s'està produint, però hi ha marge de canvi, per produir potser no el mateix, però si amb les mateixes característiques funcionals, per a l'usuari.

05 Agraïments

El present treball ha estat elaborat amb dades de molts grups i persones que apareixen en la bibliografia, tanmateix l'autoria és compartida entre Robert Savé, Carmen Biel, Xavier Aranda, Felicidad de Herralde, Imma Funes, Beatriz Grau, Paolo Zuccarrini, Elisa Farieri i tots ells

membres del subprograma d'Ecofisiologia de l'IRTA, en el fons i la forma.

06 Per saber-ne més

ALCAÑIZ, J. M., BOIXADERA, J., FELIPÓ, M.T., ORTIZ, J.O. i POCH, R.M. (2005). "El paper dels sòls de Catalunya en el canvi climàtic", a *Informe sobre el canvi climàtic a Catalunya*. Llebot, J.E., Consell Assessor per al Desenvolupament Sostenible (Catalunya), Institut d'Estudis Catalans i Servei Meteorològic de Catalunya. Barcelona. pp. 555 – 608.

AGGARWAL, PK. (2003). "Impact of climate change on Indian agriculture". *J. Plant Biol.*, 30: 89-198.

AGGARWAL, PK. (2008). "Global climate change and Indian agriculture: impacts, adaptation and mitigation". *Indian J Agric Sci* 78 (10): 911-19.

ANGLÈS, J. (2009). "Demanda de agua virtual para la producción de alimentos en Catalunya, Déficit actual y perspectivas de futuro". *Proc. 3er Congreso Agricultura, Alimentación y Medio ambiente: Gestión del H₂O, usos y eficiencia*. UPC (Castelldefels, Barcelona).

ARANJUELO, I.; PARDO, A.; BIEL, C.; SAVÉ, R.; AZCÓN-BIETO, J. & NOGUÉS, S. (2009). "Effects of long term exposure to elevated CO₂ conditions in slow growing". *Global Change Biology* 15:97-109.

BIEL, C.; DE HERRALDE, F.; EVANS, R.Y.; PERA, J.; PARLADE, X. & SAVÉ, R. (2002). "Caracterización hídrica e hidráulica de *Cistus albidus* y *Quercus coccifera* micorrizados en vivero". *Proc. VI Symp. Hispano Luso de Relaciones Hídricas*. SEFV. Pamplona.

BIEL, C.; SAVÉ, R.; GRAU, B.; ARANDA, X.; DE HERRALDE, F. & CASADESUS, J. (2007). "Scheduling irrigation based on soil and plant sensors in *Platanus hispanica* submitted to root restriction". *European Congress of Arboriculture*. Turin (Italy).

BIEL, C.; SAVÉ, R.; CASADESÚS, J.; ARANDA, X.; DE HERRALDE, F. y LLOBET, M. (2007). "Utilización de sensores para la gestión del riego en zonas verdes". *Riegos y drenajes XXI*. 23:44-49.

NA, JM. (2013). "Uptake of microcontaminants by crops irrigated with reclaimed water and groundwater under real field greenhouse conditions". *Environ Sci Pollut Res*. DOI 10.1007/s11356-013-1509-0.

CALDERÓN-PRECIADO, D.; MATAMOROS, V.; BIEL, C.; SAVÉ, R. & BAYONA, JM. (2013). "Foliar sorption of emerging and priority contaminants under controlled conditions". *Journal of Hazardous Materials* 260:176-182.

COWAN, I.R. (1978). "Water use in higher plants. In McIntyre AK (Edit). *Water: planets, plants and people*". *Aust. Acad. Sci.* p. 71-107. Cambridge.

DAAR, DIRECCIÓ GENERAL DE PLANIFICACIÓ I RELACIONS AGRÀRIES (2007). "Superfícies, rendiments i produccions dels conreus agrícoles. Any 2007". *Inf. Tècnic GENCAT*. Catalunya.

EASTERLING, W.; AGGARWAL, PK. ET AL. (2007) In: *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*, (eds.) Parry ML, Canziani OF, Palutikof JP, van der Linden PJ, Hanson CE (Cambridge Univ Press, Cambridge, UK), pp. 273-313.

EUROPEAN ENVIRONMENTAL AGENCY REPORT N° 4. 2008. "Impacts of Europe's changing climate – 2008 indicator – based assessment". Chapters 5 and 7.

FAUST, M. (1986). "Research priorities for horticultural science". *HortScience* 21(6):1475-1480.

FUNES, I.; SAVÉ, R.; ARANDA, X.; MOLINA, A.; BATLLES, C.; RETANA, J.; GRACIA, M.; VAYREDA, J., GRAU, B.; DE HERRALDE, F. & BIEL, C. (2013). *Almacenamiento de carbono en la zona de transición agroforestal mediterránea*. REMEDIA. Zaragoza.

GLIESSMAN, S.R. (1990). "Agroecology: Researching the ecological basis for sustainable agriculture". Chapter 1, pp. 3-10. In *Agroecology: researching the ecological basis for sustainable agriculture*. Edit. Gliessman, S.R. Ecological Studies 78. Springer Verlag.

GOUDRIAAN, J., ROB GROOT, J.J. AND UITHOL, P.W.J. (2001). "Productivity of agroecosystems". Chapter 13, pp. 301-313. In *Terrestrial Global Productivity*. Edit. Roy,



La gran quantitat de diferents espècies varietats, combinacions patró/ varietat que s'utilitzen en la pràctica agrícola, que s'ha de combinar en una gran variabilitat ambiental natural (micro i mesoclims, característiques dels sòls i les aigües) junt amb la generada mitjançant mètodes i sistemes agronòmics (reg, fertilització, control de patologies, conducció...). Tot això genera dificultats per obtenir informació clara i precisa dels efectes del canvi climàtic, del canvi global en els nostres conreus.



L'evidència del canvi és cada cop més clara, tot i que molts dels canvis i situacions que ara tenim, patim... no en són el resultat, i poden ser-ne fins i tot la causa (canvis en usos de sòl, que donen lloc a pèrdues de biodiversitat, o canvis en els fluxos d'aigua, que són causa de canvi climàtic, no en són conseqüència).

- J., Saugier, B. and Mooney, H.A. Academic Press.
- HARKER, D.; LIBBY, G.; HARKER, K. AND EVANS, S. (1999). Landscape restoration. USGA edit.
- IPCC. 2004, 2007. Climate Change. Cambridge University Press.
- JANSEN, MAK; GABA, V. & GREENBERG, B. "Higher plants and UV-B radiation: Balancing damage, repair and acclimation". *Trends in Plant Science* 4: 131-135.
- KAPPELLE, M. (2006). *Ecology and conservation of neotropical montane oak forest*. Springer Verlag.
- KARTIENS, G. (1996). *Plant Cuticles. An integrated functional approach*. Bios Scientific Publishers. Oxford.
- LARCHER, W. (1980, 1995). *Physiological Plant Ecology*. Springer-Verlag. Berlin.
- LEVITT, J. (1980). *Responses of Plants to Environmental Stresses*. Vols. 1 and 2. T.T. Kozlowski Edit. Academic Press. New York.
- LÓPEZ-BUSTINS, JA; MARTIN-VIDE, J.; SÁNCHEZ-LORENZO, A. (2008). "Iberia winter rainfall trends based upon changes in teleconnection and circulation patterns". *Global and Planetary Change*, Volume 63, Issues 2-3, Pages 171-176.
- PASSIOURA, J.B. (1982). "Water in the soil-plant-atmosphere continuum". pp. 5-33. In: O.L. Lange, P.S. Nobel, C.B. Osmond & H. Ziegler (eds.). *Physiological Plant Ecology II, Water relations and carbon assimilation. Encyclopedia of Plant Physiology, New series* vol. 12B. Springer-Verlag, Berlin.
- PIÑOL, J.; J. TERRADAS & F. LLORET (1998). "Climate warming, wildfire hazard, and wildfire occurrence in coastal eastern Spain". *Climatic Change* 38: 345-357.
- REGUANT, F. (2011). Entendre l'agricultura. Una eina imprescindible per sortir de l'embolic del segle XXI. Pagès Editors.
- ROSENZWIEG, C. AND TUBIELLO, F. N. (1997). *Impacts of global climate change on Mediterranean agriculture: current methodologies and future directions. An introductory essay. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 1 (3), pp. 219-232.
- SALADIÉ, O.; BRUNET, M.; AGUILAR, E.; SIGRÓ, J.; LÓPEZ, D. (2006). "Análisis de la tendencia de la precipitación de primavera en la cuenca del Pirineo Oriental durante el periodo 1896-2003". V Congreso de la Asociación Española de Climatología 5: 475-485, Zaragoza.
- SALADIÉ, O.; BRUNET, M.; AGUILAR, E.; SIGRÓ, J.; LÓPEZ, D. (2007). *Creación de la base de datos de precipitación mensual ajustada del Sector Nororiental de la Península Ibérica (1850-2000)*. Universitat Rovira i Virgili, Tarragona.
- SAVÉ, R. (2009). "What is stress and how to deal with ornamental plants?". *Acta Horticulturae* 813:241-254.
- SAVÉ, R. et al. (2009). "Could be the root system of cultured plants an important carbon sink under global change conditions?". *Proc. 8th International carbon dioxide conference*. Jena. Germany.
- SAVÉ, R.; COMAS, J.; GARCIA, P.; LABARTA, L.; ALOMAR, O. GABARRA, R.; ARNÓ, J. & BIEL, C. (2008). "Interrelationship between insects and leaves of some ruderal plants". *Proc. Biotic Plant Interaction Conference*. 27.-29. March 2008 in Brisbane, Australia.
- SAVÉ, R. et al. (2012). "Potential changes in irrigation requirements and phenology of maize, apple trees and alfalfa under global change conditions in Fluvià watershed during XXIst century: results from a modeling approximation to watershed-level water balance". *Agricultural Water Management* 114:78-87.
- SCHULTZ, H. R. (2007). "¿Cómo puede afectar el clima a la viticultura en Europa?". *Revista de Enología*.
- SHEFFIELD, J. & WOOD, E.F. (2008). "Projected changes in drought occurrence under future global warming from multi-model, multisenario, IPCC AR5 simulations". *Clim. Dyn.* 31:79 - 105.
- TERRADAS, J. & SAVÉ, R. "Summer-winter double stress and water relationships as clue factors in the distribution of *Quercus ilex* L." *Vegetatio* 99-100:137-145, 1992.
- TERRADAS, J. (2010). *Ecología viscuda*. Publicacions Universitat de Valencia. ISBN: 978-84-370-7411-5
- TUBIELLO, FN; AMTHOR, JA ET AL. (2007) "Crop response to elevated CO₂ and world food supply", *European Journal of Agronomy*, 26(3), 215-223.
- VALENTINI, R.; MATTEUCCI, G. & DOLMAN. A.J. (2000). "Respiration as the main determinant of carbon balance in European forest". *Nature* 404: 861-865.
- VAN ANDEL, J. & ARONSON, J. (2006). *Restoration Ecology*. Blackwell Publishing.
- YOUNG, T.P. (2000). "Restoration ecology and conservation biology". *Biological Conservation* 92:73-83.
- ZONNEVELD, I.S. (1989). "The land unit - a fundamental concept in landscape ecology and its applications". *Landscape ecology* 3:67-89.

07 Autors



Robert Savé Monserrat
Programa Horticultura Ambiental.
IRTA-Torre Marimon (Caldes de Montbui)
Robert.Save@irta.cat



Carme Biel Loscos
Programa Horticultura Ambiental.
IRTA-Torre Marimon (Caldes de Montbui)
carme.biel@irta.cat



Xavier Aranda Frattarola
Programa Horticultura Ambiental.
IRTA-Torre Marimon (Caldes de Montbui)
xavier.aranda@irta.cat



Felicidad de Herralde Travería
Programa Horticultura Ambiental.
IRTA-Torre Marimon (Caldes de Montbui)
felicidad.deherralde@irta.cat



Inma Funes Mesa
Programa Horticultura Ambiental.
IRTA-Torre Marimon (Caldes de Montbui)
immaculada.funes@irta.cat



Beatriz Grau Saavedra
Programa Horticultura Ambiental.
IRTA-Torre Marimon (Caldes de Montbui)
beatriz.grau@irta.cat

PRINCIPALS EFECTES DEL CANVI CLIMÀTIC SOBRE ELS BOSCOS DE CATALUNYA I SOBRE LA SEVA GESTIÓ



Foto 1. Bosc afectat per sequera. Autors: Agents Rurals de la Garrotxa.

01 Els boscos de Catalunya

El bosc és una part molt important de la superfície total de Catalunya. Segons la quarta edició del Mapa de Cobertes de Catalunya (2009), més del 60% de la superfície total de Catalunya és forestal (2.058.333 ha, Fig. 1), i d'aquests dos milions d'hectàrees el 68% correspon a bosc (1.351.188 ha, Fig. 2).

Els boscos proporcionen beneficis socioeconòmics i ambientals que cal potenciar. En concret, els boscos són un embornal de diòxid de carboni, és a dir, un sistema o procés que capta i neutralitza el carboni que d'altra ma-

nera s'emetria a l'atmosfera. Els boscos actuen com a reservori del diòxid de carboni fix i capturen el CO₂ mitjançant el seu creixement.

Mitjançant la gestió forestal sostenible es garanteix la persistència dels boscos de manera compatible amb l'aprovisionament de béns i serveis de forma sostenible en el temps, tot afavorint la salut i la vitalitat dels ecosistemes forestals, el desenvolupament socioeconòmic del territori, la conservació de la biodiversitat i la prevenció dels riscos naturals.

Un aspecte important a considerar és que aquesta gestió forestal haurà de cercar una

adaptació d'acord als efectes del canvi climàtic. L'impuls de la **gestió forestal sostenible** dels boscos catalans contribuirà a mitigar l'escalfament global.

02 El canvi climàtic

A grans trets, i segons les prediccions de canvi climàtic del Panell Intergovernamental del Canvi Climàtic (IPCC), s'espera que les condicions per a la àrea mediterrània siguin més adverses pel que fa als boscos, la qual cosa es tradueix en un augment de la temperatura i en una disminució del règim de pluges, sobretot als mesos d'estiu.



L'impuls de la gestió forestal sostenible dels boscos catalans contribuirà a mitigar l'escalfament global.

Aquestes variacions meteorològiques afectaran les diferents espècies d'acord amb la seva capacitat i estratègies d'adaptació. Aquestes condicions també incrementarien la vulnerabilitat dels boscos a plagues i malalties i el risc d'incendi forestal. Així mateix, tot apunta que la distribució de la vegetació als boscos catalans podrà patir modificacions. És a dir, el bosc mediterrani podria pujar en altitud cap a les àrees més muntanyoses i els boscos típics de zones muntanyoses poden reduir la seva extensió.

Previsiblement, entre els efectes del canvi climàtic, es suma un increment de la freqüència d'episodis meteorològics extrems (nevades, ventades i sequeres), de forma que cal preveure les intervencions necessàries per afavorir la recuperació dels boscos afectats per catàstrofes i, consegüentment, de les seves funcions, especialment la seva funció protectora des d'un punt de vista hidrològic i com a embornal de carboni.

03 Recomanacions de gestió

Des de la Subdirecció General de Boscos del Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural s'ha participat des del 2009 en projectes europeus per tal d'anticipar-se als escenaris futurs i per estar preparats. D'aquesta manera, mitjançant el projecte FUTUREFOREST (2009-2011) es van estudiar i avaluar les principals conseqüències del canvi climàtic sobre els boscos de Ca-

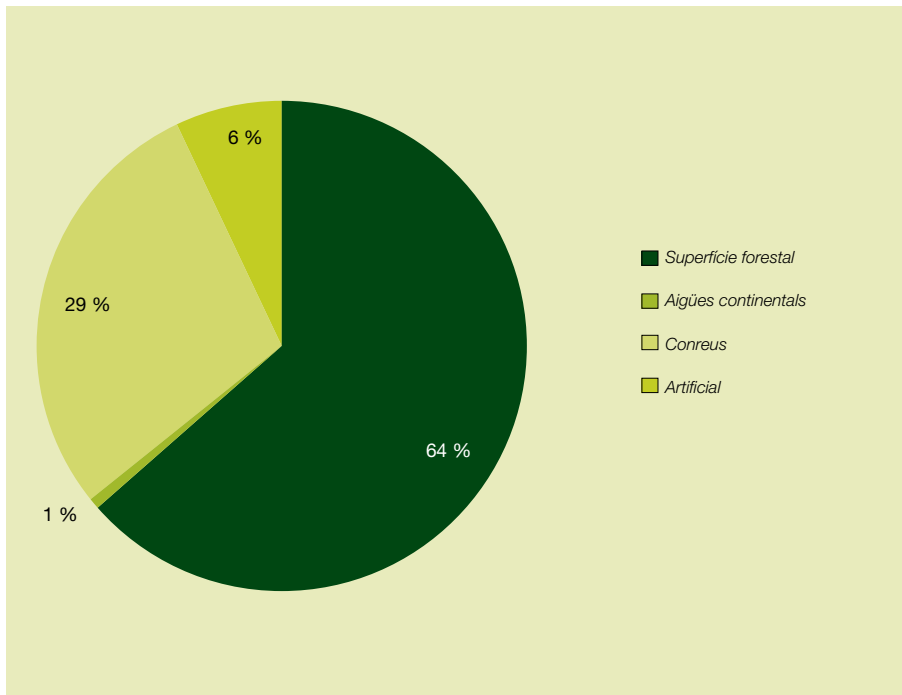


Figura 1. Principals cobertes del sòl de Catalunya (MSCS-4, 2009).

talunya. Els resultats d'aquest projecte han servit com a base per incloure recomanacions de gestió dins dels documents de planificació estratègica, com el Pla General de Política Forestal i els Plans d'Ordenació dels Recursos Forestals (PORF) que s'estan elaborant. Els principals reptes que cal afrontar, juntament amb recomanacions de gestió, es descriuen tot seguit.

-Riscs naturals: El principal impacte que el canvi climàtic causarà en els boscos serà un augment dels riscos naturals. En un context de més sequera i menys precipitació augmentaran les sequeres, plagues i malalties, incendis, i fenòmens climàtics extrems (com nevades i ventades). Caldrà doncs estar preparats per afrontar aquests riscos naturals. Per això, es proposa prioritzar la prevenció per sobre del control

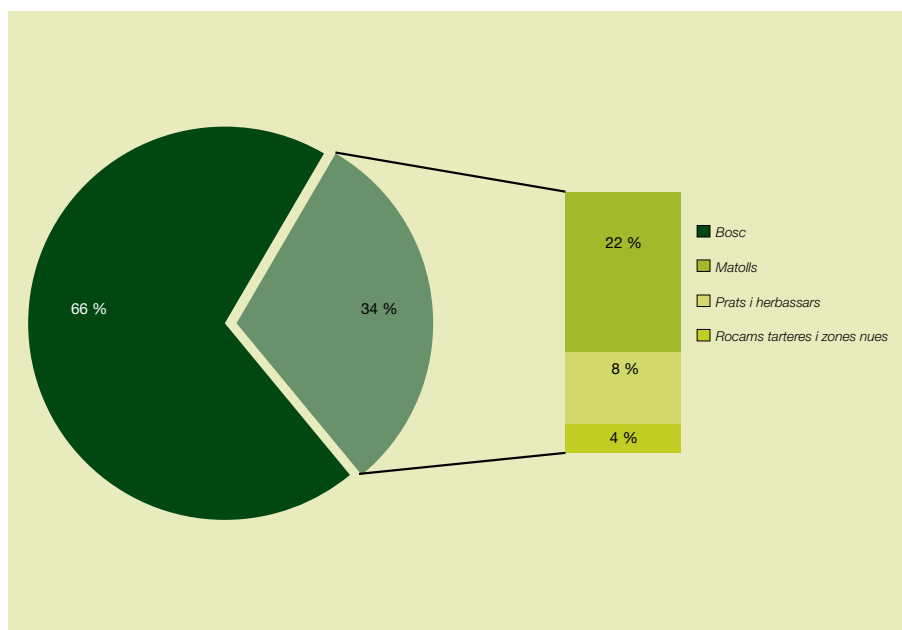


Figura 2. Distribució de la Superfície forestal (MSCS-4, 2009).



Foto 2. Bossa de processionària. Autor: Josep-Salvador Blanch.

i la restauració. S'hauria de centrar l'atenció en augmentar la resiliència dels ecosistemes forestals, cosa que és especialment urgent a l'Europa meridional amb relació als incendis forestals. A més, cal fer una menció especial al monitoratge: els sistemes de seguiment nacionals s'han de millorar i harmonitzar entre els diferents estats membres de la Unió Europea.

-Gestió de l'aigua: Com es pot pressuposar, en un escenari de canvi climàtic s'espera que l'aigua sigui un recurs més escàs. Per això, cal que les diferents pràctiques forestals, inclosa la selecció d'espècies i la gestió silvícola, estiguin dissenyades per protegir els recursos hídrics, en especial a les regions més exposades al risc, com les del Mediterrani.

Per tal de comprendre millor les implicacions hidrològiques de les diverses espècies d'arbres és necessària la recerca. S'han d'establir indicadors clars de risc de sequera a cada regió i cal comprendre la capacitat d'emmagatzemar aigua que tenen els ecosistemes forestals.

Tot i això, la gestió de l'aigua no sempre ha d'anar enfocada a la sequera; el canvi climàtic augmentarà els fenòmens extrems, entre els

quals hi ha les inundacions. Cal tenir en compte que, allà on sigui adequat, la plantació forestal és un mètode molt valuós a considerar per tal de reduir el risc d'inundacions.

-Foment dels productes provinents del bosc: Als països del Nord d'Europa, el canvi climàtic afavorirà el creixement de les espècies forestals, essent una millora per al mercat de la

fusta. Per contra, a Catalunya les condicions seran més desfavorables per al creixement, i per això cal focalitzar no només la fusta, sinó tots els productes que ofereix el bosc, tals com els productes no fusters (bolets, tòfones, pinyes), o els serveis ambientals.

Pel que fa al mercat de la fusta, cal obrir nous mercats per a la fusta a la construcció, promoure la utilització de combustible de fusta com a recurs d'energia renovable, assessorar i fomentar l'establiment d'associacions de propietaris forestals que aglutinin els petits propietaris per tal d'ajudar a augmentar la gestió dels terrenys boscosos més petits, fomentar plans de certificació PEFC i FSC per posar més èmfasi en el manteniment i en l'augment de la producció, i fomentar la creació de plans de gestió forestal tant a escala regional com de les poblacions vegetals concretes.

A més, cal que la fusta serrada provinent de fenòmens naturals (ventades, nevades...) rebi un tractament per poder ser comercialitzada. Aquesta fusta interessa ser venuda amb celeritat i a preus més econòmics, cosa que provoca una desestabilització del mercat de forma contínua. Per a aquesta fusta cal preveure infraestructures, com parcs d'acumulació de fusta, que puguin acollir-ne unes possibles quantitats elevades.

-Protecció de la biodiversitat: la gestió de la biodiversitat forestal és clau perquè els nostres boscos siguin resilents als efectes del canvi climàtic. Cal incentivar els sistemes silvícoles que creïn diversitat d'estructura, edat i composició forestals a escala de poblacions forestals i d'unitats de paisatge. També s'han de conservar



Foto 3. Bosc després d'un incendi forestal. Autor: Richard Martin.



Els documents de planificació estratègica que s'estan elaborant (Pla General de Política Forestal i Plans d'Ordenació dels Recursos Forestals) ja inclouen recomanacions de gestió considerant el canvi climàtic



Foto 4. Arbres trencats després d'un esdeveniment climàtic extrem (ventada). Autor: Josep-Salvador Blanch.

les poblacions d'arbres més velles per millorar el nivell de la fusta morta als boscos, vital per a la diversitat de la fauna i la flora.

A més, cal establir una xarxa europea de terrenys de salut forestal que integri les xarxes nacionals ja existents, per estudiar la varietat de tipologies forestals i monitorar els efectes del canvi climàtic a llarg termini. I, d'altra banda, també hauria de servir per comparar els efectes de diferents tipus de silvicultura.

-Millora de la capacitat d'emmagatzematge de carboni: mitjançant la gestió forestal sostenible, s'ha d'optimitzar el segrest de carboni a la fusta. D'aquesta manera s'assegurarà la protecció dels estocs de carboni en sòls forestals i se'n reduirà la pèrdua a causa d'alteracions.

-Protecció del sòl: no s'ha de deixar de banda el sòl, com a suport bàsic de tots els ecosistemes. Així, cal que en la planificació del paisatge s'identifiquin les zones amb majors riscos d'erosió, de pèrdua de carboni, d'esllavissades i de compactació. També cal seleccionar les espècies d'arbres perquè siguin adequades a les característiques de cada lloc concret i perquè, així, puguin protegir els sòls. Finalment, cal fer més recerca per comprendre millor les conseqüències de les diferents pràctiques silviculturals i la dinàmica i l'emmagatzematge de carboni al sòl.

-Difusió i comunicació: el sector forestal disposa d'informació suficient sobre el canvi climàtic per començar a aplicar canvis des d'ara mateix, però necessita establir ponts de comunicació que superin la distància que actualment hi ha entre tots els agents implicats (científics, silvicultors, propietaris forestals, públic en general, responsables de polítiques, polítics, líders d'opinió i altres agents participants).

04 Per saber-ne més

- Projecte FUTUREFOREST: enllaç a informació del projecte i als documents resultants d'aquest, incloent-hi un conjunt de guies de bones pràctiques. <http://goo.gl/VBFU6f>
- Projecte DEBOSCAT (CREAF i DAAM), xarxa de seguiment de l'estat dels boscos de Catalunya.
- Projecte CANVIBOSC (Oficina Catalana del Canvi Climàtic i CREAF), treball que analitza la

vulnerabilitat de les diferents espècies a la sequera, als incendis i a les plagues. <http://goo.gl/16aBqb>

- Pla General de Política Forestal: <http://goo.gl/1uJNJA>
- Plans d'ordenació de recursos forestals (PORF): <http://goo.gl/2M0EQ3>
- Orientacions de Gestió Forestal Sostenible de Catalunya, ORGEST (Centre de la Propietat Forestal): <http://goo.gl/V CJYKP>

05 Autor



Josep Salvador Blanch Roure
Forestal Catalana S.A.
js.blanch@gencat.cat

ELS ESPAIS NATURALS PROTEGITS DAVANT EL CANVI GLOBAL

01 Introducció

El canvi climàtic és un factor més, integrant de tot un procés de canvi global, en què estem immersos, i que es suma a altres canvis que es tradueixen en un augment de la pressió sobre els elements naturals.

Sabem que el canvi climàtic tindrà repercussions en la distribució d'espècies i hàbitats i que, per una banda, pot provocar la desaparició d'alguns elements naturals, però també l'arribada de nous.

El canvi climàtic pot induir pèrdua de biodiversitat i en últim extrem importants canvis en la composició dels seus components. Aquesta afectació tindrà considerables impactes sobre els ecosistemes i no només pel que fa a la seva pervivència, sinó també als serveis que aquests presten a la societat.

Això fa que, un més dels reptes de la planificació i la gestió dels espais naturals protegits, i ara més que mai des d'una òptica sistèmica, sigui el com fer front als canvis que sobrevindran en el marc d'aquesta nova realitat.

Davant els canvis que es derivaran, les àrees protegides són especialment vulnerables, ¿per què?

En primer lloc, la seva declaració té com a objectiu principal l'assegurar la salvaguarda de la biodiversitat, el patrimoni natural que és objecte de protecció en el territori protegit, i garantir la seva conservació per les futures generacions.

En segon lloc, no es pot obviar que una de les característiques que identifiquen les àrees protegides és precisament el fet de tractar-se d'espais geogràficament definits.

Davant aquesta realitat ¿quin ha de ser el paper dels espais naturals protegits i quins han de ser els principals objectius als quals s'haurà d'orientar la gestió?

Una de les prioritats de la gestió d'aquests espais ha d'anar dirigida a facilitar que aquestes àrees esdevinguin refugis, reservoris, autèntiques "Arques de Noè" que permetin la supervivència d'aquelles espècies i/o hàbitats en risc de des-

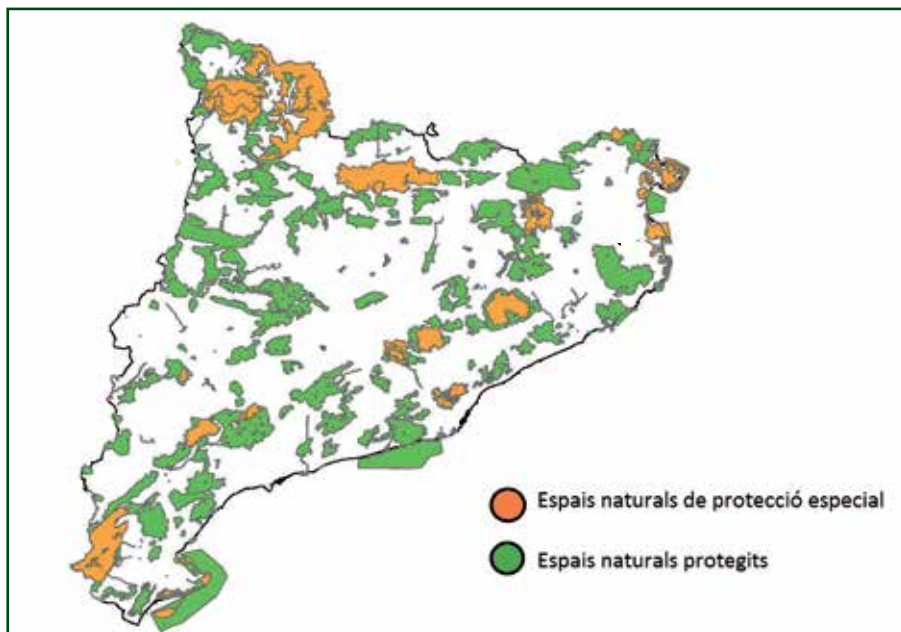


Figura 1. Mapa espais protegits de Catalunya.

aparició, dissenyant i implementant actuacions dirigides a la seva conservació.

Ara bé, per garantir aquest efecte "refugi", cal ser conscients que en alguns casos d'extrema gravetat poden desaparèixer alguns dels elements naturals que van justificar la creació d'una determinada àrea protegida i/o poden haver canvis en les àrees de distribució d'altres. Per aquest motiu, caldrà ser ràpids i ser capaços d'implementar mecanismes prou àgils, tant normatius com de gestió integrada del territori, que facilitin que les àrees delimitades com a protegides puguin "desplaçar-se" seguint el desplaçament que patiran els elements naturals que són objecte de conservació, ja siguin espècies i/o hàbitats. En qualsevol cas, tindrà més importància l'existència dels espais naturals protegits sota una perspectiva de xarxa, perdent més que mai el seu sentit com a peces individuals i aïllades.

Davant el canvi global, a més, es crea una clara necessitat d'adaptació. L'immobilisme porta inevitablement al fracàs. Ens trobarem que no es podrà conservar tot tal i com ho coneixem ara i per tant caldrà que la gestió pugui també dirigir-se a identificar i actuar per facilitar la conservació de la natura en aquest escenari de canvi. Caldrà planificar i dur a terme una gestió adaptativa,

sense perdre de vista que, en aquest escenari de canvi, caldrà en molts casos dirigir els esforços de conservació no tant cap a una espècie concreta o un ecosistema, sinó cap a cercar el conservar els processos ecosistèmics.

Un altre aspecte important és que, en aquest escenari de canvi, els espais naturals protegits poden ser i de fet ja són observatoris privilegiats de detecció del canvi i dels seus efectes.

En aquest sentit, hem de recordar que una de les eines indispensables, per dur a terme una correcta gestió del patrimoni natural d'un espai protegit, és l'avaluació periòdica d'aquest patrimoni per determinar el seu estat i la seva evolució i poder determinar els efectes de la pròpia gestió. És en el marc d'aquests seguiments que ja s'ha vist que el canvi s'està produint a través dels resultats obtinguts per a elements naturals que estan actuant com a bioindicadors.

Ja són moltes les evidències que permeten visualitzar que el canvi s'està produint. Sense cap dubte, aquest fet, en un futur ja no gaire llunyà, ha de ser un dels reptes més destacats a abordar en la gestió dels espais naturals protegits per tal que puguin continuar essent peces clau de la conservació del patrimoni natural.

02 Efectes i actuacions als espais naturals

En la quasi totalitat dels parcs naturals s'estan realitzant seguiments d'espècies i/o comunitats especialment sensibles als canvis ambientals, estudis que, realitzats per la comunitat científica i entitats o associacions col·laboradores, estan donant importants resultats sobre els efectes detectats en poblacions especialment sensibles al canvi climàtic i que actuen com a bioindicadors.

Entre els seguiments que es duen a terme cal destacar els d'avifauna desenvolupats per l'Institut Català d'Ornitologia o la xarxa de seguiment de papallones diürnes (CBMS) que coordina el Museu de Granollers-Ciències Naturals, ambdós projectes realitzats amb el suport de la Generalitat de Catalunya.

- **Aquests seguiments ja estan evidenciant canvis en el comportament d'algunes espècies d'ocells migratoris que abans arribaven a la primavera i marxaven cap al sud a la tardor i en els darrers anys s'estan quedant aquí a passar l'hivern.**

Les dades de l'Atlas dels ocells nidificants a Catalunya 1999-2002 detecten canvis en la distribució dels ocells, com per exemple el cas del tallarol de garriga que s'ha desplaçat cap al nord una mitjana de 14 km en la seva àrea de distribució a Catalunya.

Un dels canvis detectats entre les poblacions de papallones és l'avançament del seu període de vol, aspecte que pot afectar la cadena tròfica al perdre's la sincronia tant respecte a la fenologia de les espècies de flora que els serveixen d'aliment com en relació a la presència dels seus depredadors.



Als darrers anys s'ha observat, als boscos de l'Albera, un augment considerable de la població d'heures que s'enfilen pels roures i aurons i que acaben amb la mort dels arbres. Aquest fenomen també ha estat observat amb inquietud en altres indrets del planeta. Els estudis apunten que la causa més probable d'aquesta situació és l'increment de la temperatura mitjana i l'augment de la concentració de CO₂,

ja que aquestes dues circumstàncies afavoreixen les heures.

- **Des del PNIN s'han coordinat actuacions per tal de tallar les heures que estan ofegant roures i aurons, i s'efectuarà un seguiment de l'eficàcia de la mesura.**



Roure afectat per l'heura. Autor: Jaume Justafre.



L'any 2011, com a fruit d'una acord de col·laboració entre el Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural, l'Obra Social "La Caixa" i l'Institut Català de Ciències del Clima, es va instal·lar al Parc Natural del Delta de l'Ebre una de les estacions de mesura dels canvis derivats del canvi climàtic, ClimaDat, que es troben distribuïdes en diferents punts de l'Estat.

- **El Parc Natural del Delta de l'Ebre és un sensor privilegiat dels canvis produïts en els ecosistemes deltaics.**



Estació per mesurar aspectes relacionats amb el canvi climàtic al Parc Natural del Delta de l'Ebre. Autor: Francesc Vidal Esquerre.



L'augment constant de la temperatura de l'aigua està produint canvis importants en els recursos marins que se sumen a altres impactes.

L'any 2010 la Universitat de Girona va coordinar un projecte finançat per la Fundació Abertis que va estudiar l'impacte del canvi climàtic en les comunitats piscícoles del Parc Natural de Cap de Creus.

- L'estudi va demostrar per primer cop l'augment de les poblacions de diferents peixos d'aigües càlides com el trencahams o la barracuda, alguns dels quals ja s'estan reproduint allà on s'han establert, i la disminució o gairebé desaparició d'espècies d'aigua freda com la llengua de bacallà o l'amploia.



Trencahams (*Pomatomus saltatrix*).
Autor: Fons del PN.



Peix ballesta (*Balistes capricus*).
Autor: Fons del PN.



Al Parc Natural dels Ports, hi conviuen espècies típicament mediterrànies amb d'altres de caire eurosiberià i fins i tot borealpí. Aquestes últimes, presents al Parc Natural de forma relictiva, i que freqüentment estan al límit de la seva distribució, seran les primeres en acusar canvis, quant a la seva distribució i abundància, en un escenari de canvi climàtic.

- El seguiment a llarg termini d'alguna d'aquestes espècies, que realitza de forma periòdica el Parc Natural, permetrà avaluar la resposta d'aquestes als canvis.



Seguiment flora PN Ports. Autor: Joan Mestre Querol.



El bosc de Poblet és un espai natural en el que s'han realitzat multitud de projectes d'investigació: des de l'ecofisiologia del bosc mediterrani, passant per la hidrologia, la biodiversitat en molts àmbits (fongs, coleòpters, papallones,...) fins a experiències dirigides a analitzar les repercussions del canvi climàtic. Entre les iniciatives dels darrers anys, cal destacar la participació en el projecte europeu MOTIVE centrat en la modelització de l'evolució de les masses forestals

segons diferents escenaris climàtics i els aspectes claus per orientar la seva gestió adaptativa i la implementació de 15 parcel·les de seguiment, en col·laboració amb el CTFC, el CREAM i el CPF, en les que s'han aplicat criteris adaptatius als tractaments silvícoles per disminuir la densitat de l'alzinar.

- El Paratge Natural de Poblet és un dels espais amb més experiència acumulada, tant en l'àmbit de la recerca com en l'aplicació a la gestió forestal adaptativa al canvi climàtic, així com un punt de trobada entre tots els actors per posar en comú les diferents dinàmiques.



Treballs de reducció de la densitat en un parcel·la de seguiment d'alzinar. Autor: Xavier Buqueras Carbonell.



A l'estudiar el canvi climàtic, quan més llargues són les sèries temporals de dades, més valor tenen per a la seva interpretació. Al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter es disposa, des de l'any 1974, del seguiment setmanal de l'escalfament de l'aigua de mar. Aquesta sèrie de temperatura de mar, recollida pel Sr. Josep Pascual, és la més llarga de què es disposa a la Mediterrània. Des del 2008 es realitzen mesures de pH i alcalinitat dins la reserva marina de les Illes Medes mitjançant un sensor automàtic, i setmanalment a mar obert, per tal de seguir la progressiva acidificació del mar que és deguda a l'absorció de l'excés de CO₂ que els humans emetem a l'atmosfera.

- El llarg seguiment temporal de les comunitats està donant resultats dels efectes del canvi climàtic sobre aquestes. S'ha demostrat que els episodis de grans mortalitats de gorgònies i altres invertebrats bentònics són degudes a l'estratificació i el sobreescalfament de la columna d'aigua, i s'han comprovat els canvis en les poblacions de peixos amb l'aparició d'espècies termòfiles.



Gorgònies. Arxiu Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter.



L'alta muntanya, molt ben representada al Parc Natural de l'Alt Pirineu, està considerada com un dels medis més sensibles a eventuals augments de les temperatures i variacions en l'acumulació de neu associades al canvi climàtic. El Programa de Seguiment de la Biodiversitat del Parc Natural inclou diversos elements de la biodiversitat exclusius de l'alta muntanya, que podrien ser els més afectats per un canvi en el règim d'innivació, ja que es podria reduir dràsticament el seu hàbitat favorable, incrementant-ne així el risc d'extinció.

- Hàbitats com les congesteres sobre substrat calcari, espècies de plantes com la flor de neu, i espècies de fauna com la perdiu blanca o el pardal d'ala blanca (que té un dels dos únics nuclis reproductors de Catalunya al Parc) són objecte de seguiment periòdic al Parc Natural, per tal d'avaluar l'estat de conservació de les seves poblacions i preveure la resposta del medi al canvi climàtic.



Perdiu blanca. Autor: Juan Fernández Gil.



Flor de neu.
Autor: Juan Fernández Gil.



Pel que fa a la conservació de la biodiversitat i la lluita contra el canvi climàtic, l'any 2011 el Parc Natural de Montsant, en el marc d'un conveni entre la Diputació de Tarragona i l'Obra social "la Caixa", va desenvolupar un projecte de maneig d'hàbitats mediterranis per la mitigació dels efectes del canvi climàtic i la recuperació de boscos madurs a l'àmbit del Parc Natural.

En aquest àmbit de treball el Parc Natural també preveu finalitzar un estudi, dut a terme conjuntament amb el CREA, referent als nivells de concentració d'ozó troposfèric en diferents gradients altitudinals.

• L'ozó actua com a gas hivernacle i és un dels gasos que provoquen l'escalfament global de la terra i, en concentracions elevades, pot provocar danys a la salut humana, a les espècies animals i a la vegetació, ja que interfereix en la fotosíntesi i pot reduir el creixement i la producció vegetal, causant una reducció significativa en els rendiments agrícoles.



Recuperació de prats PN Montsant. Autor: David Iturria.

03 Per saber-ne més:

- www.ornitologia.org
- http://www.ornitologia.org/ca/quefem/monitoratge/atles/atles_nidificants/index.html
- www.catalanbms.org
- http://www.redeuroparc.org/img/Conservacion/criterios_adaptacion_cambio_global-v3.2.pdf
- <http://www20.gencat.cat/docs/canviclimatic/Home/Campanyes%20i%20comunicacio/Publicacions/Els%20papers%20de%20l'OCGC/Biodiversitat%20i%20CC%20a%20Catalunya-CAT.pdf>
- http://www.magrama.gob.es/es/ce-neam/grupos-de-trabajo-y-seminarios/seminarioPNACC/22-JA-Atauri_tcm7-286153.pdf
- STEFANESCU, C. et al. "Effects of climatic change on the phenology of butterflies in the northwest Mediterranean Basin". *Global Change Biology* (2003) 9, p. 1.494-1.506.

04 Autors



Maria Pery Ventosa
Servei d'Espais Naturals Protegits. DAAM
maria.pery@gencat.cat



Victòria Riera Aragó
Parc Natural de Cap de Creus. DAAM
victoria.riera@gencat.cat



Joan Mestre Querol
Parc Natural dels Ports. DAAM
jmestreq@gencat.cat



Francesc Vidal Esquerré
Parc Natural del Delta de l'Ebre. DAAM
fvidale@gencat.cat



Xavier Buqueras Carbonell
Paratge Natural d'Interès Nacional de l'Albera. DAAM
xbuqueras@gencat.cat



Maria Pilar Carabús Saballs
Parc Natural del Montgrí, Illes Medes i Baix Ter. DAAM
mcarabus@gencat.cat



Juan Fernández Gil
Parc Natural de l'Alt Pirineu. DAAM
pnaltpirineu@gencat.cat



Neus Miró Miró
Parc Natural de la Serra de Montsant. DAAM
neus.miro@gencat.cat

Bartomeu Borràs Simonet
Paratge Natural d'Interès Nacional de l'Albera. DAAM
bborras@gencat.cat



Salvador Samitier i Martí és Llicenciat en Ciències Químiques i Mestratge en Alta Funció Directiva, va treballar en el sector privat en tasques de R+D, Control de Qualitat i producció fins que el 1992 es va incorporar al Departament de Medi Ambient. Des del setembre de 2009 ocupa el càrrec de director de l'Oficina Catalana del Canvi Climàtic.

Els efectes del canvi climàtic fa temps que són evidents i, tot i que s'han complert alguns dels objectius del darrer Pla marc de mitigació del canvi climàtic a Catalunya 2008-2012, encara queda molta feina per fer. Així ens ho explica en aquesta entrevista Salvador Samitier, director de l'Oficina Catalana del Canvi Climàtic.

Quines evidències tenim de viure un canvi climàtic provocat per la humanitat a escala global i a Catalunya?

La principal evidència és l'augment de la temperatura mitjana, un fenomen que s'observa a tots els territoris del planeta, Catalunya inclosa, i que s'accentua molt a partir dels anys cinquanta, al voltant de 0,2 graus per dècada. La temperatura actual és, respecte a la de fa mig segle, entre 0,8 i un grau superior. Un grau més de temperatura sembla un canvi petit però, a escala mundial, condiciona el règim de pluges, els vents i la temperatura dels oceans.

Una de les conseqüències més visible de l'escalfament és el desglaç dels casquets polars i les glaceres que està fent pujar el nivell del mar. Una altra conseqüència és el canvi dels ritmes biològics i la localització de les espècies, tant aquàtiques com terrestres.

Tots aquests canvis només es poden explicar per l'acumulació gasos amb efecte d'hivernacle

L'ENTREVISTA

Salvador Samitier Martí

Cap de l'Oficina Catalana del Canvi Climàtic
Departament de Territori i Sostenibilitat

“LA SUMA DE MOLTES PETITES ACCIONS PER FER FRONT AL CANVI CLIMÀTIC DONA ESPERANCES PER UN FUTUR MILLOR”

Extracte de l'entrevista publicada a www.ruralcat.net

a l'atmosfera, directament relacionada i provocada per les societats humanes que basen el seu creixement econòmic en el consum de combustibles fòssils, com el carbó, el petroli o el gas.

Es podria aturar el canvi climàtic, i regenerar els ecosistemes més afectats? O només podem mitigar els efectes i adaptar-nos-hi?

Encara que es donés l'improbable hipòtesi de poder aturar les emissions dels gasos que provoquen l'efecte hivernacle, els que ja hi són a l'atmosfera continuaran presents durant molt de temps, mantenint la inèrcia dels canvis endegats al clima.

Tant és així que els científics del Panell intergovernamental del canvi climàtic de les Nacions Unides no es plantegen una reducció en aquest sentit sinó un seguit de mesures per tal d'evitar un sobreescalfament superior a dos graus en la temperatura mitjana global. De fet, anuncien que s'arribarà i alerten de no anar més enllà perquè les conseqüències poden ser massa greus. En definitiva, hem posat en marxa una “màquina” que no podem aturar però esperem poder minimitzar l'impacte de les conseqüències.

llavors, quin escenari futur ens espera a Catalunya? Què podem fer?

Val a dir que tant els estudis com les previsions que es fan són a llarg termini, d'uns trenta anys, perquè fenòmens locals més ràpids podrien emascarar altres de més llarga durada. Per tant, actualment, l'escenari futur es situa cap a l'any 2050.

Catalunya, en general, patirà el mateix escalfament que la resta del planeta però els efectes no seran els mateixos arreu del país. Els Pirineus i la costa són els territoris més sensibles, per exemple: en les futures dècades poden quedar compromeses les pastures del bestiar o la viabilitat de la pràctica de certs esports de neu per sota dels 1.800 metres, en especial en pistes

d'orientació sud; a la costa, l'increment del nivell del mar pot afectar a certes infraestructures, de fet alguns ports ja comencen a preparar-se per aquesta situació; el Delta de l'Ebre també patirà les conseqüències pròpies del canvi climàtic i d'altres que se'n deriven.

“L'estudi de noves varietats i innovacions en el reg són altres exemples d'allò que es pot fer per minimitzar els efectes negatius del canvi climàtic des del sector agrari”

Pel que fa a la pluviometria, en el Mediterrani serà diferent que en la resta d'Europa. Les dades actuals no mostren clarament una disminució de les precipitacions anuals però si una tendència a la seva concentració i a que hi hagin més anys dolents amb sequeres i aiguats més forts. Si s'incrementa la temperatura i la transpiració i la pluviometria és diferent, l'escenari futur és de més aridesa. Ja es comença a veure com es desplacen la fauna i la flora cap al nord i en alçada i com apareixen espècies millor adaptades a escenaris d'estrès hídric i aridesa.

L'any 2050 no és tan lluny com sembla, especialment si es plantegen fer certes infraestructures o polítiques, per exemple per reduir les emissions o fer un consum més eficient de l'aigua. L'estudi de noves varietats i innovacions en el reg són altres exemples d'allò que es pot fer per minimitzar els efectes negatius del canvi climàtic des del sector agrari.

Quines fites s'han aconseguit fins ara amb el moviment de lluita contra el canvi climàtic?

Per una banda ja podem dir que globalment la comunitat científica reconeix l'efecte dels gasos amb efecte d'hivernacle i que aquests han estat emesos a l'atmosfera per activitats humanes. Fins fa poc no tothom ho acceptava però ara hi ha un consens del 99%.

