



EL CANVI CLIMÀTIC A CATALUNYA

Resum executiu
del Tercer informe
sobre el canvi climàtic
a Catalunya



**Generalitat
de Catalunya**



**Institut
d'Estudis
Catalans**

EL CANVI CLIMÀTIC A CATALUNYA

Resum executiu del Tercer informe sobre el canvi climàtic a Catalunya

Barcelona, 2017



Biblioteca de Catalunya. Dades CIP:

El **Canvi** climàtic a Catalunya : resum executiu del Tercer informe sobre el canvi climàtic a Catalunya. – Primera edició
ISBN 9788439395942 (Generalitat de Catalunya). – ISBN 9788499653754 (Institut d'Estudis Catalans)

I. Queralt, Arnau, editor literari II. Catalunya. Generalitat III. Institut d'Estudis Catalans

IV. Títol: Tercer informe sobre el canvi climàtic a Catalunya

1. Canvis climàtics – Catalunya 2. Gestió ambiental – Catalunya

551.583(46.023)

502.13(46.023)

Existeix una edició completa del *Tercer informe sobre el canvi climàtic a Catalunya* (Barcelona, 2016, ISBN 978-84-9965-317-4 [IEC] – ISBN 978-84-393-9448-8 [Generalitat de Catalunya]) publicada per l'Institut d'Estudis Catalans i la Generalitat de Catalunya, amb la col·laboració de la Fundació Bancària “la Caixa”.

© 2017, Institut d'Estudis Catalans i Generalitat de Catalunya

Redacció: Xavier Duran, Maria Josep Picó i Lluís Reales

Edició: Arnau Queralt

Primera edició: Barcelona, setembre de 2017

L'edició d'aquesta resum executiu ha estat possible gràcies a la col·laboració de la Fundació Bancària “la Caixa”

Institut d'Estudis Catalans
ISBN: 978-84-9965-375-4

Generalitat de Catalunya
ISBN: 978-84-393-9594-2

DL: B 21676-2017

Text revisat lingüísticament pel Servei de Correcció Lingüística de l'Institut d'Estudis Catalans

Disseny gràfic i producció editorial:
Entitat Autònoma del Diari Oficial i de Publicacions



Aquesta obra és d'ús lliure, però està sotmesa a les condicions de la llicència pública de Creative Commons «Reconeixement-No Comercial»: es pot redistribuir, copiar i reutilitzar, sempre que se'n reconegui l'autoria i no hi hagi afany de lucre. Es pot trobar una còpia completa dels termes d'aquesta llicència a l'adreça <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/es/legalcode.ca>.

Si heu de fer referència a aquesta publicació, la citació recomanada és la següent:

GENERALITAT DE CATALUNYA; INSTITUT D'ESTUDIS CATALANS. *El canvi climàtic a Catalunya: Resum executiu del Tercer informe sobre el canvi climàtic a Catalunya*. Redacció: Xavier Duran, M. Josep Picó i Lluís Reales. Edició: Arnau Queralt. Barcelona: Generalitat de Catalunya: Institut d'Estudis Catalans, 2017. També disponible en línia a: cads.gencat.cat.

Sumari

Introducció	5
Què és el TICCC?.....	6
Què pretén?	6
Qui l'impulsa?	6
Qui hi ha participat?	6
Per què aquest resum executiu?.....	6
Com s'estructura el resum executiu?.....	7

1a PART Les bases científiques del canvi climàtic

1.1. El canvi climàtic, una realitat patent.....	9
1.2. L'evolució recent de les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle	12
1.3. Boscos, prats i conreus: embornals naturals de carboni	18
1.4. A Catalunya, el clima ja està canviant.....	21
1.5. El clima que ve: què diuen les projeccions climàtiques?	29

2a PART Sistemes naturals: impactes, vulnerabilitat i adaptació

2.1. Incendis, inundacions i altres riscos d'origen climàtic	34
2.2. L'aigua, un recurs més escàs	37
2.3. La costa catalana, molt més vulnerable.....	41
2.4. Els ecosistemes: canvis d'estructura, de funcionament i en els serveis que ens proporcionen	45
2.5. Els sòls: un element viu que regula el clima i en pateix els impactes.....	57

3a PART Sistemes humans: impactes, vulnerabilitat, adaptació i mitigació

3.1. Canvi climàtic i seguretat alimentària	59
3.2. L'energia i la indústria: dos sectors clau per a reduir les emissions de GEH.....	64
3.3. La mobilitat: una qüestió d'hàbits i planificació	70
3.4. El turisme: a la recerca de nous models.....	72
3.5. Els residus: de problema a recurs	74
3.6. El canvi climàtic afecta la salut.....	78
3.7. Repensar el territori.....	80
3.8. El repte de les muntanyes	81

4a PART La governança i la gestió del canvi climàtic

4.1. Compromisos internacionals i polítiques pròpies	85
4.2. El comerç d'emissions	86
4.3. La recerca sobre canvi climàtic a Catalunya.....	87
4.4. La percepció pública del canvi climàtic.....	88
4.5. Solucions complexes per a un fenomen també complex	90

Annex. Persones que han fet possible el TICCC	91
--	----

Introducció

El canvi climàtic és un fet. Ho mostren les dades de les quals disposem actualment i ho afirma la comunitat científica mundial que treballa en aquest àmbit sota el paraigua del Grup Intergovernamental d'Experts sobre el Canvi Climàtic (IPCC).

Dels disset anys més càlids des que se'n tenen registres, setze han estat posteriors a l'any 2000, i per primera vegada a la història, l'any 2015 la temperatura mitjana global del planeta (l'aire sobre la superfície terrestre i marina) va superar en 1 °C la que hi havia en l'època preindustrial. Finalment, per primera vegada en vuit-cents mil anys la concentració de diòxid de carboni (CO₂) a l'atmosfera va sobrepassar la concentració permanent de 400 parts per milió.

Els efectes d'aquest escalfament són nombrosos i condicionaran d'una manera clara el nostre futur col·lectiu. Catalunya no és aliena al canvi climàtic i els seus efectes. La temperatura mitjana anual de l'aire s'ha incrementat en +0,23 °C/decenni per al conjunt de Catalunya i per al període 1950-2014, una xifra lleugerament superior a la que es desprèn del que succeeix a escala global.

Les projeccions apunten a un augment de temperatura en els pròxims decennis i també a una lleugera disminució de la precipitació, que seria més marcada cap a mitjan segle, amb un increment de la probabilitat de pluges més intenses i del nombre i la durada de les sequeres.

La presa de decisions requereix informació rellevant i de qualitat, i també el diàleg i el treball conjunt entre científics i decisors públics i privats. Per aquest motiu, l'any 2005 la Generalitat de Catalunya i l'Institut d'Estudis Catalans van publicar el *Primer informe sobre el canvi climàtic a Catalunya*, en el qual s'analitzaven l'estat i l'evolució del clima a Catalunya, tant des del punt de vista de les bases científiques com de la relació amb els sistemes naturals i humans.

Aquest primer exercici per regionalitzar a Catalunya les anàlisis i projeccions fetes, a escala mundial i europea, per institucions com el Grup Intergovernamental d'Experts sobre Canvi Climàtic de les Nacions Unides o l'Agència Europea del Medi Ambient, va anar seguit d'una segona edició, publicada l'any 2010. El 30 de gener de 2017 es va presentar el *Terçer informe sobre el canvi climàtic a Catalunya* (TICCC), que actualitza les dues edicions anteriors.

Què és el TICCC?

El *Tercer informe sobre el canvi climàtic a Catalunya* és un informe independent des del punt de vista científic, d'abast català (amb les necessàries referències al context global i europeu), sobre l'estat del clima i com evoluciona d'acord amb els sistemes naturals i humans, el qual té una voluntat de màxima cobertura temàtica i de servei als diversos actors del país.

Què pretén?

L'objectiu del TICCC és analitzar l'estat i l'evolució recent i futura del clima a Catalunya, els efectes del canvi climàtic en els sistemes naturals i humans, la contribució d'aquests sistemes a les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle (GEH) i l'adaptació al clima canviant.

Qui l'impulsa?

El TICCC està impulsat per:

- 1) El Consell Assessor per al Desenvolupament Sostenible (CADS), òrgan assessor del Govern de Catalunya en l'àmbit de la sostenibilitat, adscrit al Departament d'Afers i Relacions Institucionals i Exteriors i Transparència.
- 2) L'Oficina Catalana del Canvi Climàtic, adscrita a la Direcció General de Qualitat Ambiental i Canvi Climàtic del Departament de Territori i Sostenibilitat.
- 3) El Servei Meteorològic de Catalunya.
- 4) L'Institut d'Estudis Catalans.

Qui hi ha participat?

El TICCC ha comptat amb la participació de més de cent quaranta autors i quaranta revisors, tots científics i experts tècnics rellevants en la matèria procedents dels principals centres de recerca i universitats del nostre país, així com d'unitats tècniques de diverses administracions públiques (vegeu la llista íntegra d'autors i revisors al final del dossier).

El TICCC ha tingut com a coordinador científic el doctor Javier Martín-Vide, catedràtic de geografia física de la Universitat de Barcelona, i ha comptat amb la col·laboració del Grup d'Experts en Canvi Climàtic de Catalunya (GECCC). L'edició també ha tingut el suport de l'Obra Social "La Caixa".

Per què aquest resum executiu?

L'obra que teniu a les mans és el resum executiu que les institucions impulsores de l'informe hem volgut posar a l'abast dels lectors interessats en els resultats del TICCC. Cal precisar, però, que no és una síntesi estricta de l'informe, sinó un document elaborat de bell nou, amb finalitats divulgatives, en el qual s'han seleccionat els missatges més rellevants que es desprenen del TICCC.

Per aquest motiu, el resum executiu no té en compte la divisió per capítols de l'informe i s'estructura a partir de les quatre parts fonamentals del TICCC.

Com s'estructura el resum executiu?

El resum executiu s'estructura a partir de les parts següents:

- 1) **Les bases científiques del canvi climàtic**, en què es descriuen el consens científic sobre l'escalfament del planeta, l'evolució recent de les emissions de gasos que el provoquen i les mesures per a pal·liar-ne els efectes. També s'expliquen els sistemes naturals que ajuden a segrestar més quantitat de carboni, s'exposen les variacions del clima a Catalunya des del 1950 i s'analitza l'evolució climàtica durant la primera meitat del segle XXI.
- 2) **Els sistemes naturals: impactes, vulnerabilitat i adaptació**, en què, centrant-se en els sistemes naturals, s'aprofundeix en els riscos climàtics i els impactes sobre els recursos hídrics, el litoral i els ecosistemes tant terrestres com aquàtics i marins, tot atenent, també, a les particularitats dels sòls.
- 3) **Els sistemes humans: impactes, vulnerabilitat, adaptació i mitigació**, en què es presenten els impactes, la vulnerabilitat i les propostes d'adaptació i mitigació del canvi climàtic en diversos àmbits i sistemes humans de Catalunya (l'agricultura, la ramaderia i la pesca; l'energètic; l'industrial; el turístic; la salut; els residus i els recursos; el transport, la mobilitat i la logística; el territori i l'espai urbà, i la interacció entre els sistemes naturals i els humans a les zones d'alta muntanya).
- 4) **La governança i la gestió del canvi climàtic**, en què s'aborden les polítiques i els instruments necessaris, la importància de l'opinió pública, l'estat de la recerca a Catalunya i el procés des de la signatura del Protocol de Kyoto fins a la Cimera de París.

Esperem que aquesta publicació sigui interessant i útil per a integrar el canvi climàtic en les actuacions i les decisions que s'hagin de prendre i, d'aquesta manera, fer de Catalunya un país compromès i resilient vers una de les qüestions més rellevants a què ha de fer cara la humanitat en aquest segle.

1a PART

Les bases científiques del canvi climàtic

1.1. El canvi climàtic, una realitat patent

No hi ha cap mena de dubte: l'augment de la temperatura del planeta és inequívoc i l'activitat humana n'ha estat la causa dominant des de la segona meitat del segle xx, com conclou el *Cinquè informe d'avaluació* de l'IPCC, completat l'any 2014.

Des d'aleshores, noves dades corroboren la tendència a l'escalfament: l'any 2015, per primera vegada des que se'n tenen registres, la temperatura mitjana global del planeta va arribar a superar en 1 °C la temperatura de l'era preindustrial. En paral·lel, per primer cop en vuit-cents mil anys la concentració de CO₂ a l'atmosfera va sobrepassar les 400 parts per milió.

Es pot afirmar que actualment el consens científic és pràcticament absolut. Hi ha dubtes sobre la velocitat que aquest canvi tindrà en el futur, sobre les conseqüències a escala regional i sobre l'acceleració o l'alentiment que les variacions en algunes condicions poden provocar —per exemple, els canvis en la superfície del gel, que reflecteix la radiació solar, o l'efecte de les polítiques de disminució d'emissions. No hi ha cap dubte, però, de l'escalfament de la Terra (figura 1), la responsabilitat humana en aquest fenomen i la gravetat dels seus efectes.

L'augment de temperatures no és l'única manifestació del canvi climàtic: s'han observat altres alteracions associades a aquest increment, entre les quals cal destacar la disminució de la quantitat de neu i gel, l'escalfament i l'acidificació dels oceans i

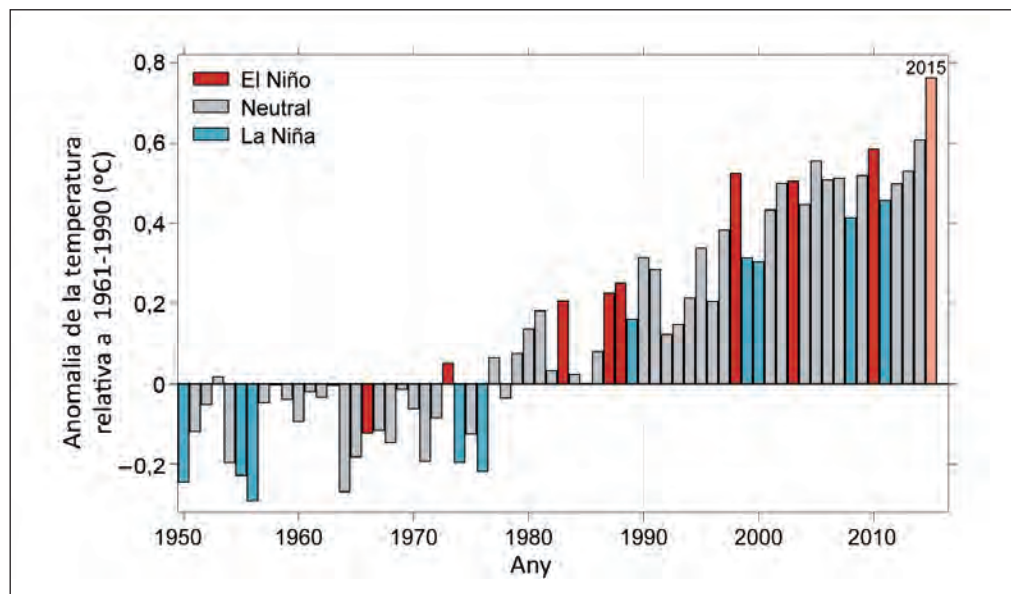


FIGURA 1. Anomalia de la temperatura global (1961-1990). La mitjana del 2015 es basa en les temperatures de gener a octubre. Les columnes vermelles corresponen a anys en què es produeix el fenomen d'El Niño; les blaves, a anys en què es produeix el fenomen de La Niña, i les grises, a anys neutrals. Els valors tenen una incertesa de prop del 0,1 °C.

Font: HadCRUT.4.4.0.0, GISTEMP i NOAA GlobalTemp per al període 1950-2014. (Gràfic adaptat de <https://www.wmo.int>.)

l'augment del nivell del mar. Des del 1950 també s'ha constatat un increment dels fenòmens meteorològics i climàtics extrems.

El desembre del 2015, a París es va signar un acord que, en el context del Conveni marc de les Nacions Unides sobre el canvi climàtic, va fixar l'objectiu de limitar l'increment de la temperatura mitjana del planeta en 2 °C respecte de la temperatura prèvia a la revolució industrial (amb l'aspiració d'aconseguir que aquest increment quedés frenat a 1,5 °C). Malauradament, però, els científics apunten que ja s'han emès més de dos terços de tot el carboni que es pot enviar a l'atmosfera sense que l'augment de la temperatura global superi els 2 °C.

Molts experts consideren que superar aquest límit de 2 °C d'augment comportaria conseqüències socials, econòmiques i ambientals greus. L'única opció per a evitar-ho és reduir les emissions de GEH, i per això els governs signants de l'Acord de París van decidir que no solament no ha d'augmentar la producció de GEH, sinó que les activitats humanes no n'han de poder generar una quantitat superior a la que es pugui eliminar de l'atmosfera mitjançant processos naturals, com l'absorció de carboni pels boscos, o per mètodes artificials de captació de CO₂.

Segons l'Acord de París, tots els països del món han de reduir les emissions de GEH, tenint en compte les respectives circumstàncies socioeconòmiques. Per aquest motiu,

l'Acord estableix que a partir de l'any 2020 es crearà un fons voluntari que es dotarà de 100.000 milions de dòlars anuals. L'objectiu d'aquest fons verd és ajudar els països menys afavorits a desenvolupar-se adoptant un model econòmic de baixa intensitat de carboni (amb l'ús d'energies netes) i resilient, és a dir, adaptat als impactes del canvi climàtic.

Reduir les emissions no serà, però, un procés ràpid, i quan s'aconsegueixi els efectes tampoc no es notaran de seguida, perquè el CO₂ és un gas que té un temps de residència a l'atmosfera molt llarg. De fet, s'estima que el 40 % de les emissions produïdes avui romandran a l'atmosfera durant cent anys i que d'aquí a mil anys en romandrà encara un 20 %.

Per tant, quines perspectives hi ha d'assolir una reducció realment important de les emissions de GEH? El *Cinquè informe d'avaluació* de l'IPCC analitza diversos escenaris. En un món globalitzat que abandoni d'una manera molt ràpida el sistema energètic actual, basat sobretot en els combustibles fòssils, a final de segle la temperatura mitjana només serà 1 °C superior a la de l'època preindustrial.

En canvi, si la major part de les economies es continuen basant en combustibles fòssils i mantenen un consum energètic i un ús de materials elevats, a final de segle la temperatura global mitjana podria ser prop de 5 °C superior a la de l'era preindus-

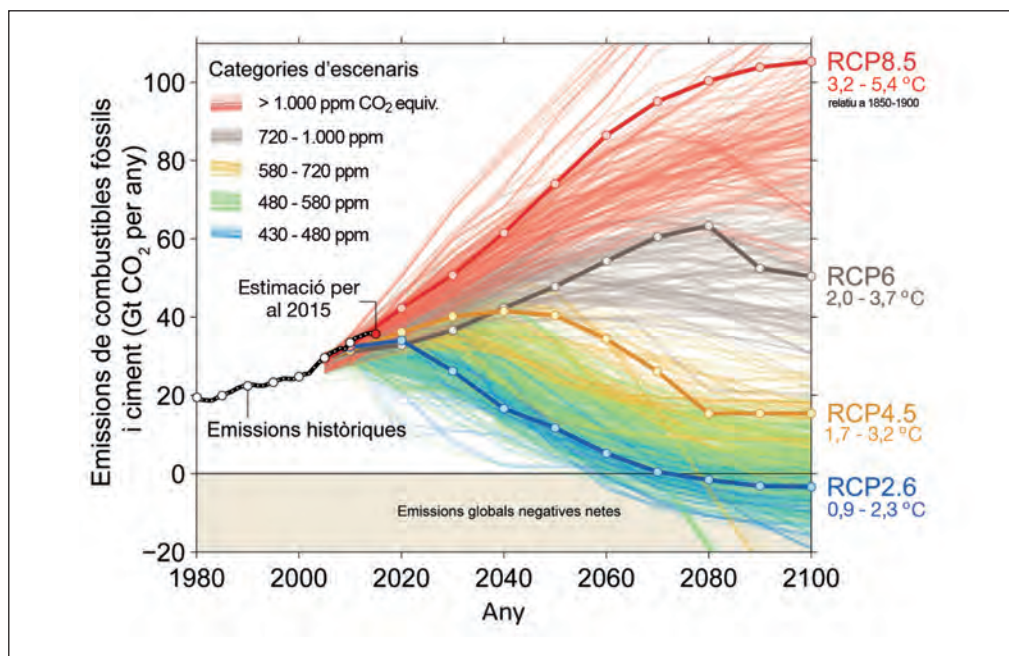


FIGURA 2. Trajectòries d'emissions de CO₂ utilitzades al *Cinquè informe d'avaluació* de l'IPCC (2013-2014). Les línies fortes corresponen a les quatre trajectòries de concentracions representatives utilitzades pel Grup de Treball I de l'IPCC per a generar les projeccions de canvi climàtic, i les línies més difuminades corresponen a les trajectòries utilitzades pel Grup de Treball III de l'IPCC per a avaluar les alternatives de mitigació. La línia negra de les emissions històriques prové del Carbon Dioxide Information Analysis Center i el Global Carbon Project.

Font: Tercer informe sobre el canvi climàtic a Catalunya, 2016.

trial. L'informe de l'IPCC apunta escenaris extrems, més pessimistes, com mostra la figura 2.

El que sembla clar és que les actuacions han de ser decidides i han de començar ben aviat. La probabilitat de quedar-se per sota de 2 °C disminuirà ràpidament si aquestes mesures no s'implanten en els pròxims anys.

1.2. L'evolució recent de les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle

El CO₂ és el principal gas amb efecte d'hivernacle (GEH), tot i que n'hi ha d'altres: el metà (CH₄), l'òxid nitrós (N₂O) i altres gasos de vida llarga que contenen halògens (els hidrofluorocarburs o HFC, els perfluorocarburs o PFC, i l'hexafluorur de sofre o SF₆). Per a facilitar els càlculs i les comparacions, sovint s'utilitzen les anomenades *emissions de CO₂ equivalents*, que resulten de calcular quantes tones d'aquest gas produirien l'efecte d'hivernacle conjunt de tots els GEH.

Un augment sostingut durant dos segles i mig

La revolució industrial, iniciada a mitjan segle XVIII, va comportar un gran increment de les emissions de CO₂, i des d'aleshores la producció de GEH a escala mundial ha augmentat exponencialment. Si prenem el planeta en conjunt, gairebé dues terceres parts d'aquestes emissions provenen del sector energètic, un percentatge que en els països desenvolupats arriba fins al 75 %.

El problema s'ha agreujat en el darrer mig segle: des del 1970, el total de GEH enviats a l'atmosfera per les activitats humanes ha augmentat en un 80 %, i en el decenni 2000-2010 ha augmentat més ràpidament que en els tres decennis anteriors. Això ha comportat que l'any 2015, per primer cop en vuit-cents mil anys, la concentració de CO₂ a l'atmosfera sobrepassés les 400 parts per milió. Si no es pren cap mesura i es manté aquest ritme, l'any 2100 la temperatura mitjana es podria situar entre 3,7 °C i 4,8 °C per sobre dels nivells preindustrials.

A escala internacional, i amb dades del 2014, els principals emissors de CO₂ van ser, en valors absoluts, la Xina (que va emetre el 27 % del total mundial), els Estats Units (15 %), la Unió Europea (10 %) i l'Índia (7 %). Pel que fa a les emissions *per capita*, però, destaquen els països àrabs rics en petroli, com Qatar, amb unes emissions elevades i una població no gaire nombrosa, els Estats Units i Austràlia, amb 16-17 tones per persona i any.

Aquests darrers valors sumen més del doble que el valor de la Xina (6,26 tones per persona i any) i que els de la mitjana dels països europeus, vuit vegades més grans que els de l'Índia i més de cinquanta vegades més grans que els de molts dels països menys desenvolupats de l'Àfrica subsahariana.

Tot i això, cal tenir en compte que el creixement industrial de la Xina l'ha portat a igualar les emissions *per capita* de la Unió Europea (cosa que el converteix en un país clau en les polítiques globals contra el canvi climàtic) i que aproximadament la quarta part de les seves emissions corresponen a la producció d'uns béns que són exportats i consumits a l'estranger. Això implica, per tant, que en els països receptors les emissions no reflecteixen exactament els hàbits i nivells de consum.

Aquestes xifres indiquen que els darrers anys les emissions no s'han reduït tant com era necessari, sinó que més aviat s'ha produït el procés contrari. Tanmateix, hi ha algunes dades que palesen la possibilitat d'emetre menys GEH i de fer-ho sense que el desenvolupament econòmic se'n ressentís: l'any 2014, per exemple, les emissions de GEH de la Unió Europea i Islàndia van ser un 24,4 % inferiors a les produïdes l'any 1990, tot i que la població i el producte interior brut (PIB) *per capita* havien augmentat.

Aquesta tendència no ha estat uniforme a tota la Unió Europea. En el període 1990-2007, a Espanya hi va haver un creixement continuat de les emissions. Després van arribar tres anys —el 2008, el 2009 i el 2010— amb un descens acusat que cal atribuir principalment a la recessió econòmica i, en bona part, als canvis en els combustibles usats en la generació d'electricitat. En aquest sentit, cal recordar que la Unió Europea ha establert unes mesures que haurien de permetre assolir una reducció del 20 % de les emissions de GEH per a l'any 2020.

A Catalunya, les emissions de CO₂ equivalents han crescut d'una manera continuada des del 1990 fins al 2005. Els anys 2006 i 2007 van disminuir lleugerament i els valors es van estabilitzar. Finalment, en el període 2008-2013 van disminuir fins al 19,4 % respecte de l'any base (el 1990). La figura 3 mostra l'evolució de les emissions de GEH *per capita* a Catalunya i Espanya.

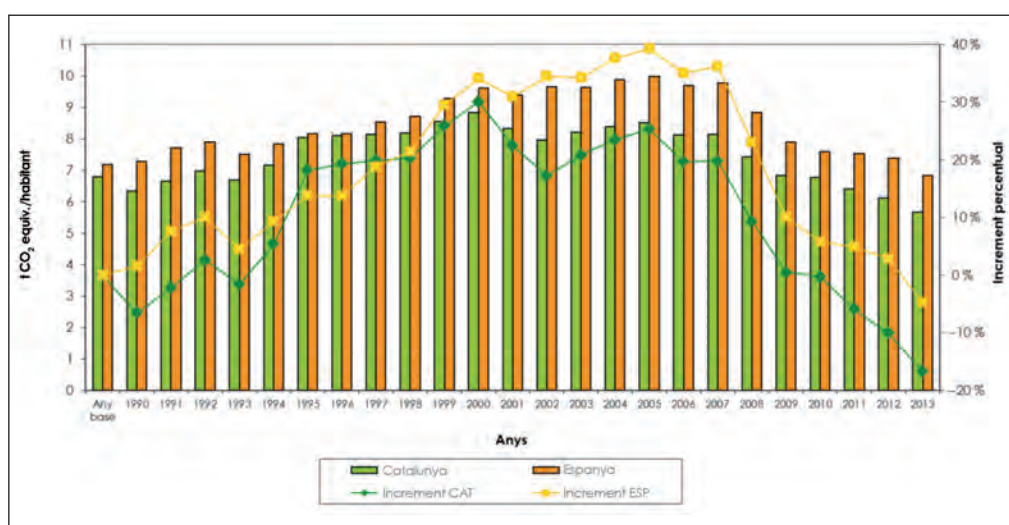


FIGURA 3. Evolució de les emissions de GEH *per capita* a Catalunya i Espanya.

Font: Tercer informe sobre el canvi climàtic a Catalunya, 2016.

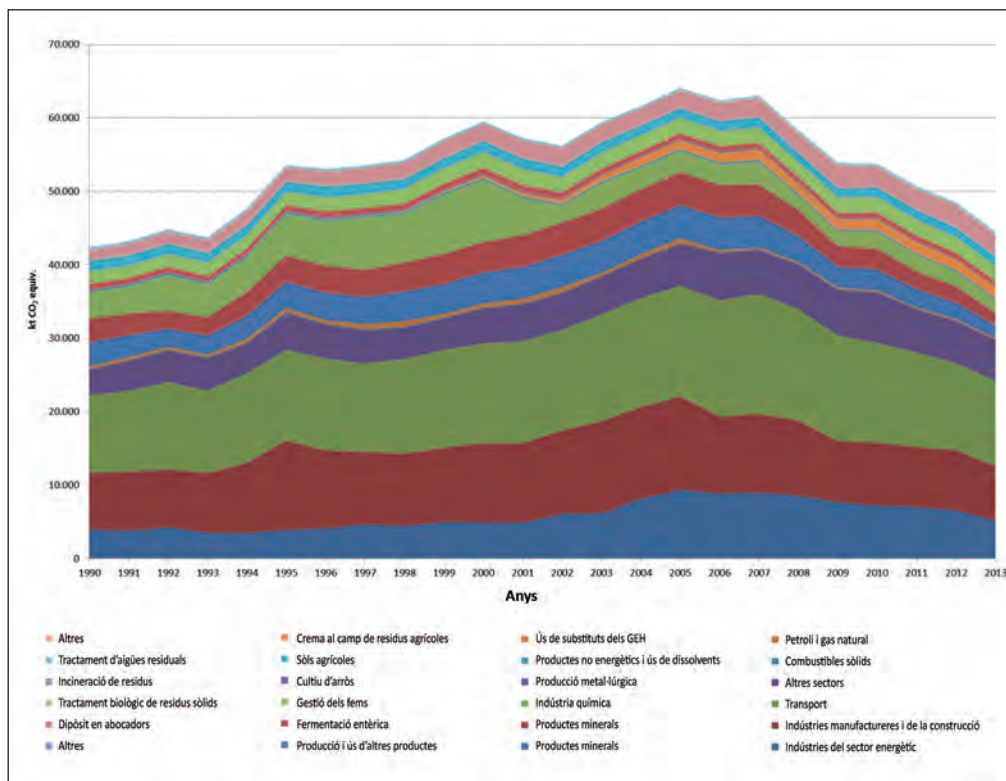


FIGURA 4. Emissions de CO₂ equivalent per sectors a Catalunya per al període 1990-2013.

Font: Tercer informe sobre el canvi climàtic a Catalunya, 2016.

Tot i aquestes variacions, entre el 1990 i el 2013 les emissions de GEH es van incrementar un 9,2 %. Aquest darrer any, les emissions generades a Catalunya van representar el 13,3 % del total de les espanyoles.

Per tant, tenint present que la població de Catalunya repr esenta el 16 % de l'espanyola i el PIB, el 19 %, es pot concloure que les emissions produïdes són inferiors, en percentatge, a les que correspondrien per població i per generació de riquesa. La figura 4 mostra l'evolució de les emissions, distribuïdes per sectors, a Catalunya.

Emissions de GEH i activitat econòmica: un tàndem indissociable?

El fet que l'any 2014 la Unió Europea i Islàndia produïssin menys emissions que el 1990 tot i haver augmentat en població i en PIB, i que Catalunya tingués un percentatge d'emissions més petit del que li correspondria per població i per generació de PIB en el conjunt de l'Estat espanyol, indica que per a augmentar l'activitat econòmica no és necessari emetre més GEH.

Per a mesurar-ho s'utilitza l'anomenada *intensitat energètica* (l'energia necessària per a cada unitat productiva, calculada mitjançant el PIB). A partir de les emissions generades per a produir una determinada energia —això depèn del percentatge dels

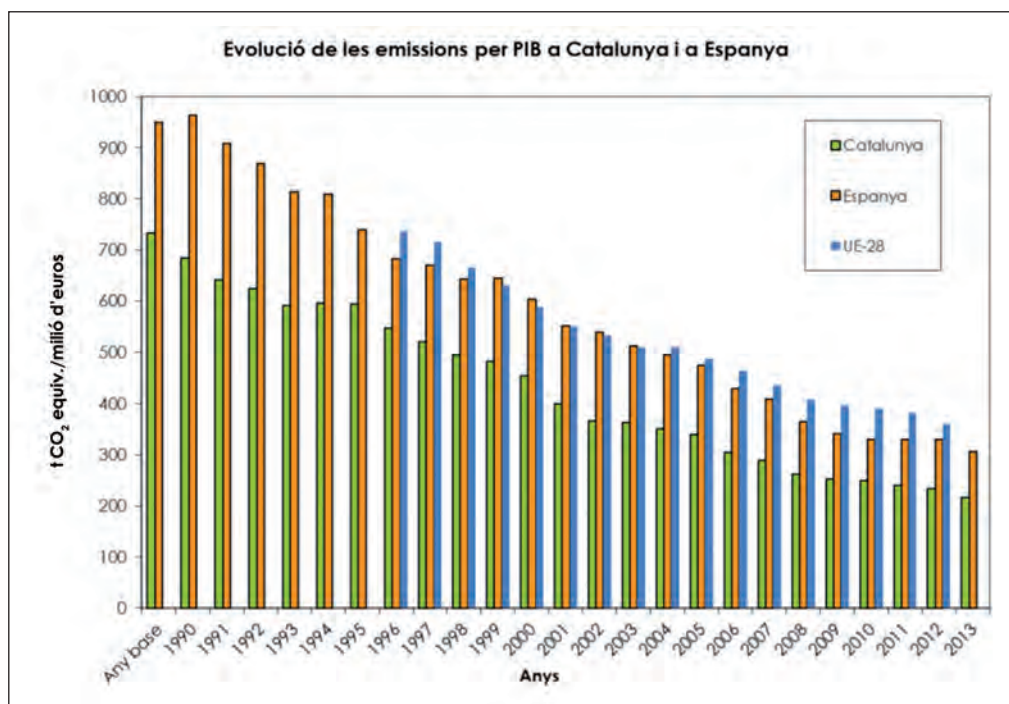


FIGURA 5. Evolució de la relació entre les emissions de GEH i el PIB per a Catalunya, Espanya i Europa per al període 1990-2012.

Font: INE, Idescat i Eurostat.

diferents tipus de combustibles fòssils—, podem establir els GEH enviats a l'atmosfera per cada unitat productiva.

Per tant, com menys emissions es produeixen en la generació de riquesa, més ecoeficient és un país. Així, doncs, el creixement ja no depèn d'utilitzar més combustibles fòssils, sinó de produir l'energia necessària d'una manera més eficient i amb fonts renovables. En resum, es tracta de produir més amb menys emissions.

En el cas de Catalunya, les emissions de GEH per unitat de PIB produïda es van reduir en un 68,4 % entre el 1990 i el 2013. Aquesta xifra va ser molt similar per a l'Estat espanyol: 68,2 %. La causa no ha estat que les emissions de GEH no creïessin, sinó que el PIB va créixer molt més. La figura 5 mostra l'evolució per a Catalunya, Espanya i Europa.

Un primer tractat internacional per a lluitar contra el canvi climàtic

El Protocol de Kyoto va ser el primer tractat internacional de reducció d'emissions de GEH, la redacció del qual va concloure a final del 1997 a la ciutat japonesa de la qual pren el nom. Els països signants es van comprometre a reduir en un 5,2 % les emissions globals de GEH en el període 2008-2012 (amb relació als nivells de l'any 1990).

El Protocol, que va entrar en vigor el febrer del 2005, es va elaborar i signar sota els auspicis del Conveni marc de les Nacions Unides sobre el canvi climàtic. De fet, en una economia globalitzada, l'Organització de les Nacions Unides és l'únic instrument de governança a escala global, i ha posat en marxa les Conferències de les Parts, el principal instrument en la lluita contra el canvi climàtic.

La Unió Europea, aleshores formada per quinze estats, es va comprometre a reduir en un 8 % les emissions de GEH respecte de les emissions de l'any base (1990). Aquest objectiu conjunt es va planificar amb diverses exigències per a cada estat, alguns dels quals fins i tot podien augmentar les emissions de GEH.

En conjunt, la Unió Europea va complir. Durant el període 2008-2012, les emissions totals van ser, de mitjana, un 11,8 % inferiors a les del 1990. En el cas d'Espanya, el compromís era no augmentar les emissions en més d'un 15 %, un límit que es va superar en 8,7 punts —es va arribar al 23,7 %. Les dades encara eren pitjors el 2004, quan Espanya ja n'emetia un 53 % més, però la crisi econòmica en va provocar la reducció.

Atesa aquesta situació inicial tan desfavorable, Espanya va acordar amb la Unió Europea que a l'objectiu del 15 % s'afegiria un 2 % en concepte d'increment de la capacitat d'embornal i un 20 % més per a la compra de crèdits, de manera que al final el compromís d'Espanya era no augmentar les emissions en més d'un 37 % respecte de l'any base.

Finalment, Espanya va aconseguir l'objectiu mitjançant l'increment de la fixació de carboni dels seus embornals i la compra de crèdits de reducció d'emissions a altres països, si bé en va haver de comprar menys dels que inicialment es van estimar. Tot i això, entre el 2008 i el 2012 el Govern espanyol es va gastar més de 800 milions d'euros per comprar drets d'emissió amb la finalitat de complir el compromís.

L'Estat espanyol no va distribuir territorialment els compromisos adquirits en el marc del Protocol de Kyoto i de la Unió Europea, ni en funció de població, ni del PIB ni de qualsevol altre criteri. Per això, en el període 2008-2012 l'objectiu acordat per a Espanya (el 37 % apuntat abans) també es va prendre com a referència per a Catalunya.

En el primer període del Protocol de Kyoto, a Catalunya la mitjana del període 2008-2012 respecte de l'any base va significar un augment total del 16,3 % de les emissions de GEH, només un 1,3 % per sobre del 15 %, però per sota del 17 % si es considera el 2 % d'increment de la capacitat d'embornal.

És a dir, Catalunya compleix l'objectiu de referència que estableix el Protocol de Kyoto, així com el que es va preveure al Pla Marc de Mitigació del Canvi Climàtic a Catalunya 2008-2012, i els compleix fent ús de la seva capacitat d'embornal però sense haver de comprar crèdits a altres països.

La manca d'acord per a elaborar un protocol que suplís el de Kyoto a partir del 2012 va motivar que aquell any se signés, a Doha (Qatar), un segon període de vigència per al Protocol de Kyoto, que abasta fins al 2020, l'any en què ha d'entrar en vigor l'Acord de París.

Catalunya ha establert el seu propi compromís: reduir en un 40 % les emissions de GEH per al 2030, respecte del nivell del 2005. El càlcul s'ha fet aplicant els criteris que la Unió Europea utilitza per als estats: les reduccions es reparteixen en funció del PIB *per capita*.

Això situaria l'esforç de Catalunya per sobre de l'esforç mitjà d'Espanya, tot i que Catalunya, pel fet de no ser un estat, no té cap compromís legal de reducció, però sí un compromís moral i la voluntat de fer-ho. Per a assolir-lo, però, hauria de fer una transició cap a una economia amb emissions baixes de carboni, un objectiu que s'ha d'assumir com un eix polític prioritari.

Entre altres mesures, s'ha de transformar el model de mobilitat i prioritzar el transport públic davant del privat. Al mateix temps, caldria assolir un grau d'electrificació del sistema de mobilitat elevat, prioritzar la xarxa de trens de rodalia i fomentar l'aplicació de mesures d'eficiència energètica, especialment als edificis.

Pel que fa a l'energia, s'hauria d'avançar per dos camins complementaris: la reducció d'emissions en la producció i la reducció del consum. Tot això significa, en síntesi, caminar cap a posicions de lideratge d'una manera decidida i activa.

Quan els gasos es comercialitzen

El Protocol de Kyoto preveu, entre els instruments potencials a ser aplicats, els anomenats *mecanismes flexibles*. És a dir, per complir els objectius de reducció d'emissions de GEH, un país pot «comprar» els crèdits d'un altre país que en tingui de sobrants amb la finalitat de desenvolupar projectes de reducció d'emissions. Aquest procediment, però, està subjecte a límits i controls i, per tant, no és un mecanisme que es pugui utilitzar indiscriminadament.

La Unió Europea, d'altra banda, va establir un conjunt de mesures per a avançar en l'assoliment dels objectius del Protocol de Kyoto, entre les quals destaca la posada en marxa d'un règim de comerç de drets d'emissions.

En aquest cas, els destinataris són les instal·lacions industrials (generació elèctrica, refinaria de petroli, combustió, acer, productes ceràmics, ciment, vidre, calç, paper i cartró, aviació, altres sectors industrials com el petroquímic, la indústria química, l'alumini i els metalls no fèrrics, etc.) que han d'assumir el cost econòmic de superar els límits d'emissions que els han estat assignats.

D'aquesta manera, les empreses que no aconsegueixin reduir les emissions en els termes que tenen assignats poden comprar drets d'emissió de gasos a instal·lacions que han reduït les emissions per sota del que tenen marcat. D'aquesta manera, el conjunt d'instal·lacions que formen part del mercat regulat per la Unió Europea no emetrien per sobre del límit que s'ha fixat globalment per a tota la Unió Europea.

Anualment, el límit d'emissions que el total de les instal·lacions europees poden emetre va disminuint i el cost associat per a les instal·lacions que emeten per sobre del previst es va incrementant.

Les emissions difuses pel territori

Les emissions del conjunt d'activitats i instal·lacions que no formen part del règim de comerç d'emissions de la Unió Europea reben el nom d'*emissions difuses* i inclouen els sectors industrials no afectats per les directives de la Unió Europea, el consum de combustibles fòssils als sectors residencial, institucional i de serveis, les emissions fugitives, l'ús de dissolvents, el transport, els residus i el sector agrari (agricultura i ramaderia).

A Catalunya, els darrers anys les emissions difuses presenten una tendència a la disminució, principalment en el sector del transport i en els sectors industrials no regulats. Malauradament, això s'ha produït, essencialment, per raons circumstancials associades a la crisi econòmica i no per reformes estructurals. Per això, mantenir i accentuar aquesta tendència a la baixa requereix les polítiques decidides que s'han descrit abans.

1.3. Boscos, prats i conreus: embornals naturals de carboni

Una part del CO₂ que s'envia a l'atmosfera torna a ser absorbit. Si no fos així, la concentració d'aquest gas aniria augmentant d'una manera exponencial i, de ben segur, irreversible. Una part d'aquesta absorció correspon als sistemes naturals, que tenen una capacitat limitada que també pot evolucionar a causa dels efectes del canvi climàtic o dels usos que fem dels diferents ecosistemes —per exemple, convertint boscos en terres de conreu o, a la inversa, perdent terreny agrícola. En definitiva, la recirculació del carboni —el cicle del carboni— no és un procés fix, sinó que es modifica segons les condicions ambientals, fisiològiques i humanes.

La major part dels sistemes naturals tenen carboni emmagatzemat, i la quantitat que tenen emmagatzemada en un moment determinat s'anomena *reservori* o *estoc de carboni*. Si en aquest sistema natural la quantitat augmenta en el temps, aleshores es diu que tenim un *embornal*, que ajuda a reduir la concentració de CO₂ a l'atmosfera. Aquest procés s'anomena *segrest de carboni*. D'altra banda, si el sistema cada vegada té menys carboni, ens trobem davant d'una *font d'emissió* d'aquest gas.

Les plantes, quan creixen, capturen CO₂ de l'atmosfera. Per això, a Catalunya el bosc és el sistema terrestre que manté en estoc més quantitat de carboni per hectàrea, concretament 149,5 tones per hectàrea. En segon lloc se situen els prats, amb 121,4 tones per hectàrea. A continuació trobem els matollars (112,1 tones per hectàrea) i els conreus llenyosos (104,0 tones per hectàrea), i en darrera posició queden els conreus herbacis, amb 100,8 tones per hectàrea. La major part d'aquest carboni és emmagatzemant dins del sòl en forma d'humus.

En termes absoluts, tenint en compte la superfície total de cada ecosistema, el bosc manté el primer lloc amb un total de 173 Tg (milions de tones) de carboni emmagatzemats. El segueixen a força distància els conreus, amb 98 Tg (en part atribuïbles a la superfície que ocupa cada ecosistema: 42 % i 29 %, respectivament), i la mar catalana, amb 92 Tg. Molt més lluny es troben, però, els matollars, els prats, les pastures i les aigües continentals. En el cas dels conreus, els prats i les pastures, el principal reservori no són les plantes, sinó el sòl, i aquí rau la importància de la gestió.

No obstant això, no solament són els sistemes terrestres els que capten carboni: la mar acumula tant el CO₂ que es dissol en l'aigua com el que capten diversos organismes marins (com, per exemple, les praderies de fanerògames). Des de l'any 1750, la mar catalana (assumint una superfície de 74.000 km²) ha anat augmentant l'estoc de carboni i n'acumula 92 Tg.

Els boscos: grans segrestadors, però insuficients

En aquests moments, els boscos catalans compensen prop del 9,7 % de les nostres emissions. Dit d'una altra manera, caldrien 10,3 vegades la superfície de bosc de Catalunya per a compensar el cent per cent d'aquestes emissions. En aquest hipotètic cas —totalment impossible—, totes les emissions que produïssim quedarien absorbides i, per tant, la concentració de CO₂ no augmentaria.

A Catalunya la superfície forestal arbrada ha augmentat molt els darrers anys (130.000 hectàrees): si el 1993 ocupava el 38 % del territori, el 2009 ja era el 42 %. Per què ha augmentat tant? Qui n'ha sortit perjudicat? L'increment ha anat sobretot en detriment del matollar i, en menys grau —tot i que d'una manera important—, de l'abandonament de conreus.

Els canvis en els usos del sòl tenen un gran impacte tant en les emissions com en la capacitat d'absorbir carboni. Prenent novament aquest període 1993-2009, s'observa que s'ha produït un augment molt notable de la superfície urbanitzada (78.000 hectàrees) i ocupada per infraestructures de transport, fruit de la gran activitat econòmica anterior a la crisi.

Malgrat això, en aquest període també s'han produït dos processos més oposats a l'anterior. El primer és l'abandonament de l'activitat agrícola, que ha comportat una

reducció neta de 166.500 hectàrees de conreus i, en segon terme, un augment net de 88.600 hectàrees de cobertes forestals (prats i boscos), tot i la reducció experimentada en la superfície de matollars. El segon és la mateixa dinàmica natural dels ecosistemes: en absència de grans perturbacions i d'activitats humanes, els prats s'han convertit en matollars i els matollars, en boscos.

Si bé no es disposa encara de les dades del *Cuarto Inventario Forestal Estatal*, que permetrien actualitzar la informació per al període 2001-2015, és molt probable que els boscos catalans hagin mantingut, durant aquest temps, la capacitat d'embornal. Els motius són els següents:

- 1) Encara són prou joves per mantenir la capacitat de continuar creixent —i capturant carboni— amb poca competència pels recursos i, per tant, amb una mortalitat associada baixa.
- 2) El ritme d'aprofitaments forestals s'ha mantingut estable però baix.
- 3) No hi ha hagut grans pèrdues associades a grans incendis forestals (unes 28.000 hectàrees de bosc cremades entre el 2001 i el 2014, menys de 2.000 hectàrees per any) ni altres perturbacions.

En resum, hi ha hagut pèrdues, però han estat compensades àmpliament per l'augment de l'estoc de carboni als boscos no afectats i pel guany de superfície arbrada.

Tanmateix, també hi ha dades que no són tan positives. El bosc no s'explota com abans, quan aportava molts productes que tenien un valor econòmic alt, i la disminució de l'interès econòmic sovint porta a un abandonament de la gestió.

En un bosc menys gestionat la densitat augmenta i la quantitat de recursos per a cada arbre es redueix, de manera que els arbres han de competir (especialment per l'aigua, que amb el canvi climàtic serà més escassa), i això en pot limitar el creixement i augmentar la mortalitat.

Pel que fa al futur, les simulacions que s'han dut a terme apunten que els boscos de Catalunya mantindran la capacitat d'embornal d'aquí a l'any 2050, tot i que a partir del decenni 2020-2030 començarà a minvar i es podrien convertir en emissors nets de CO₂. La raó és que els boscos creixeran d'una manera menys vigorosa i capturaran menys carboni, i amb menys aigua la mortalitat augmentarà i s'alliberarà carboni.

És a dir, un dels principals embornals de carboni tindrà menys capacitat per a eliminar de l'atmosfera part de les nostres emissions. Per això, atès que la major part dels nostres boscos ja pateixen l'efecte del canvi climàtic, és imprescindible fer una gestió forestal flexible i adaptada a cada espècie i zona geogràfica.

Encara que l'activitat agrícola és cada vegada menys rendible, cal evitar l'abandonament progressiu perquè els conreus també són un bon embornal de carboni. A més, atès que per sota dels 400 mm de pluja els boscos són molt escassos, les comunitats arbustives i els conreus llenyosos tenen un paper clau en la mitigació del canvi climàtic.

A més de ser embornals, però, els conreus fan altres funcions fonamentals: generen benefici econòmic, permeten establir i mantenir la població d'una manera més equilibrada per tot el territori, protegeixen el patrimoni natural i cultural i preserven el paisatge. També tenen valor com a ecosistemes: regulen els cicles de l'aigua, dels nutrients i del carboni, mantenen la biodiversitat, ajuden a controlar més bé els incendis forestals, protegeixen el sòl i n'eviten l'erosió, etcètera.

Per això, calen mesures per a evitar l'abandonament rural i, més concretament, de l'activitat agrícola. Aquestes mesures, unides a altres que també protegeixin prats i pastures, permetrien mantenir la capacitat d'embornal de tots aquests sistemes naturals.



Bosc madur de pi roig amb arbres grans que actuen com a reservoris de carboni.

Font: Lluís Comas.

1.4. A Catalunya, el clima ja està canviant

Els efectes del canvi climàtic ja s'han començat a notar al nostre país. No és fàcil discernir si les variacions que experimenta el clima es poden atribuir a aquest fenomen, però, tot i les incerteses, el conjunt de dades disponibles apunta que el clima ja està variant i que ho fa en la direcció que preveuen els models climàtics.

Entre l'any 1950 i l'any 2014 la temperatura de l'aire ha augmentat, de mitjana, $+0,23$ °C/decenni (vegeu la figura 6). Aquesta variació no és uniforme al llarg de l'any: a l'estiu l'increment de la temperatura mitjana té una tendència més marcada, de $+0,33$ °C/decenni. Si calculem la mitjana de la temperatura màxima anual, també s'observa un augment: $+0,28$ °C/decenni. Pel que fa a la mitjana de la temperatura mínima, també evoluciona a l'alça, però menys que la màxima: $+0,17$ °C/decenni.

Sequeres, però també inundacions

El canvi climàtic no solament afecta la temperatura. Pel que fa a la precipitació, l'anàlisi de seixanta-vuit sèries mensuals del període 1950-2014 mostra una tendència anual

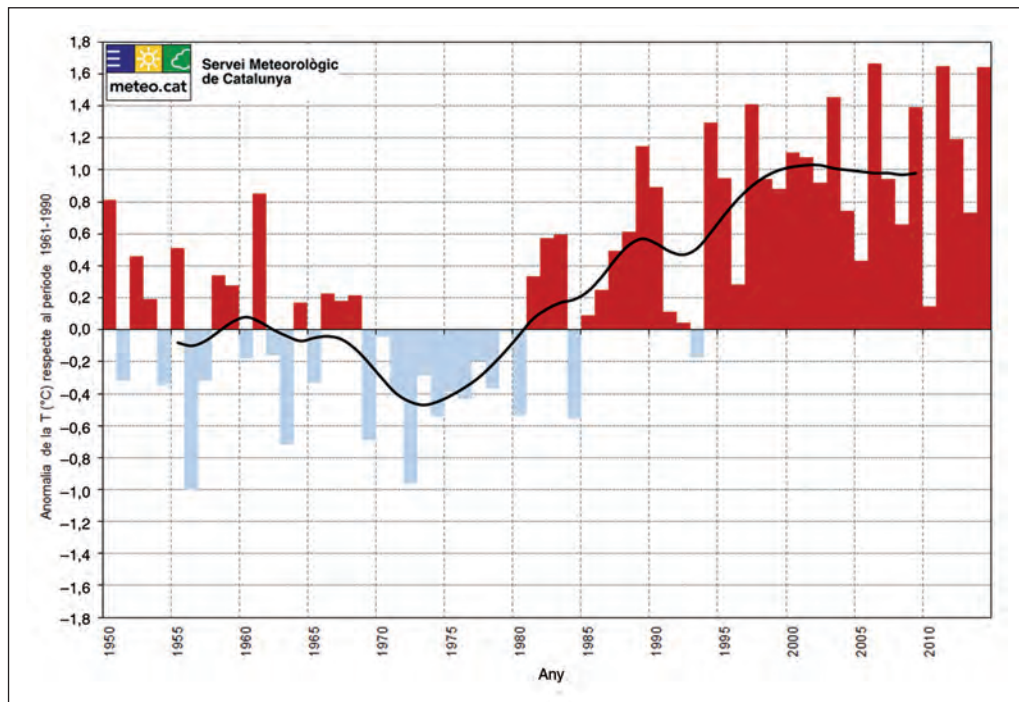


FIGURA 6. Evolució de la temperatura mitjana anual a Catalunya (1950-2014) expressada com a anomalia respecte al període de referència 1961-1990. La corba correspon a un filtre gaussià de tretze membres.

Font: *Butlletí Anual d'Indicadors Climàtics* corresponent a l'any 2014.

lleugerament negativa (-1,2 %/decenni) al conjunt de Catalunya, tot i que és una disminució no significativa des del punt de vista estadístic.

Això fa referència, però, al conjunt del país. Si s'estudien les variacions territorialment (vegeu la figura 7), el Pirineu i el Prepirineu són les àrees de Catalunya on la precipitació ha disminuït d'una manera més clara, amb valors situats entre -2,4 %/decenni i -3,9 %/decenni. Aquestes dades sí que són significatives, i permeten afirmar que des del 1950 en aquestes zones hi plou menys.

Quant als extrems pluviomètrics, només s'ha detectat una tendència significativa en l'augment de la precipitació per dia de pluja, en la de caràcter convectiu en algunes regions (amb xàfecs tempestuosos i pluges d'elevada intensitat, curtes i locals, que són fenòmens típics d'èpoques càlides) i en la durada de les ratxes seques. Aquests canvis són especialment notables a l'estiu i es podrien aguditzar en el futur.

El nombre d'episodis que produeixen inundacions locals augmenta des de mitjan segle XIX, probablement a causa de l'increment de l'exposició i la vulnerabilitat. Aquest augment és més marcat a l'estiu, una estació caracteritzada per un fort increment de l'exposició a les zones d'estiueig i turístiques, i un possible increment de la torrencialitat de les pluges, tot i que encara no hi ha prou evidències.

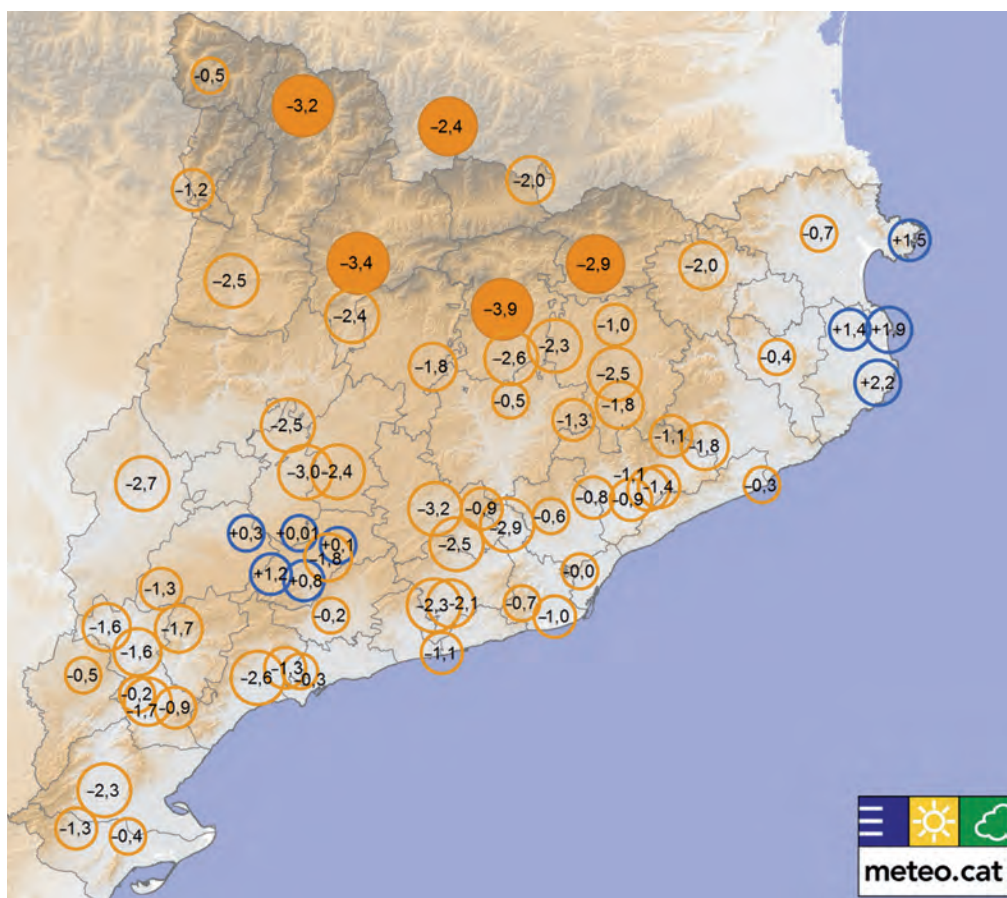


FIGURA 7. Tendència de la precipitació mitjana anual a Catalunya (1950-2014) expressada en %/decenni. El radi de la circumferència és proporcional al percentatge de canvi per decenni experimentat per la precipitació i el color indica el signe (blau = augment, taronja = descens). El cercle taronja indica que la tendència és estadísticament significativa segons el test de Mann-Kendall ($p < 0,05$).

Font: *Butlletí Anual d'Indicadors Climàtics* corresponent a l'any 2014.

Pel que fa al futur, els escenaris no són concloents, però si es produís un augment de les precipitacions torrencials, juntament amb un augment de la vulnerabilitat, l'exposició i els canvis d'usos del sòl, el risc d'inundacions s'incrementaria significativament.

L'ocurrència d'esllavissades, desprendiments de roques i corrents d'arrossegalls d'abast local són fenòmens més freqüents del que se sol pensar i en algunes conques tenen periodicitat anual. Tot i això, no s'ha trobat que aquest increment de freqüència sigui el resultat d'una variació en la intensitat o la durada de les pluges, sinó que podria estar relacionat amb l'augment de la percepció de la població i amb la detecció de fenòmens de menys magnitud.

A l'altre extrem, les sequeres meteorològiques, hidrològiques i agrícoles han crescut i ho continuaran fent en freqüència i severitat al llarg del segle XXI, la qual cosa tindrà



L'Observatori Fabra, fundat per la Reial Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona i inaugurat l'any 1904, fou construït gràcies a un llegat de Camil Fabra i Fontanills, primer marquès d'Alélla. Situat a la muntanya del Tibidabo, sempre ha treballat en tres àmbits: l'astronomia, la meteorologia i la sismologia. Disposa d'observacions meteorològiques des de final del 1904 (ininterrompudament, des del 1913). Des de l'inici, fou reconegut per la comunitat científica internacional en les tres especialitats, i disposa d'aparells gairebé únics al món, com ara el pluviògraf Jardí.

Font: Maria del Carme Llasat.

un impacte important en els recursos hídrics, la qualitat de l'aigua, la conservació dels ecosistemes i el perill del foc als boscos.

Les condicions climàtiques (més temperatura i sequeres) i l'increment de la massa forestal augmenten el perill d'incendi als boscos. Contràriament al que es podria esperar, el nombre d'incendis forestals (> 0,5 hectàrees) i la superfície cremada han disminuït any rere any durant el període 1970-2010. Aquesta reducció del risc es basa en la millora de les tasques de prevenció i gestió del risc dutes a terme a Catalunya.

Les condicions més extremes de temperatura, humitat i precipitació previstes pels escenaris climàtics apunten a un augment del nombre d'incendis forestals, però també cap a una reducció de l'àrea cremada. L'increment de situacions climàtiques excepcionals pot afavorir una freqüència més gran d'incendis de gran extensió, així com l'existència d'incendis en zones on ara no són habituals o fora del període d'estiu.

Hi ha altres dades que palesen el sentit de la variació del clima. Des del 1950 ha augmentat significativament l'evapotranspiració —la suma de l'evaporació i la trans-



L'Observatori de l'Ebre és un institut de recerca de la Universitat Ramon Llull. Fundat el 1904 per la Companyia de Jesús per a estudiar les relacions entre el Sol i la Terra, abraçava els camps de la sismologia, la meteorologia i l'astronomia, i demostrava que la religió, la filosofia i la ciència eren compatibles. La continuïtat i la fiabilitat de les observacions durant més de cent anys fan que els arxius de registres tinguin un valor científic incalculable: els sísmics i els ionosfèrics són els més llargs d'Espanya, i els meteorològics, iniciats el 1905, conserven registres de l'escola de jesuïtes de Roquetes des del 1880.

Font: Pere Quintana.

piració vegetal. Això vol dir que no solament és probable que plougui menys, sinó que les plantes perdin més aigua per evapotranspiració.

Si atenem als registres dels observatoris Fabra i de l'Ebre des de principi del segle xx, sols es detecta una disminució dels dies de neu en aquest darrer observatori. En els mateixos observatoris s'han registrat menys dies de boira, cosa que també s'ha vist en el de Lleida des del 1940. També ha augmentat d'una manera notable la insolació (el nombre d'hores de sol efectiu) des del 1960.

Els extrems de temperatura a Catalunya han patit variacions remarcables des del 1950. Augmenten les nits i els dies càlids i disminueixen d'una manera significativa les nits i els dies freds. La tendència climàtica és evident: la calor és més present i el fred fa passes enrere.

Tots els escenaris climàtics futurs apunten a un augment de les temperatures extremes altes, les onades de calor, les nits tropicals (especialment al litoral i prelitoral), les nits i els dies càlids, i la durada de les ratxes seques.

El nivell del mar puja, les glaceres reculen

Tot això no solament ho noten les espècies que, com la nostra, viuen en el medi terrestre. L'aigua del mar també s'escalfa. Som afortunats de tenir una sèrie molt llarga de mesures, a diferents profunditats, de la temperatura de l'aigua a l'Estartit, al Baix Empordà, que abasten des del 1974 fins al present.

No som tan afortunats, en canvi, si fem cas al que ens diuen sobre el clima: la temperatura de l'aigua del mar ha augmentat a un ritme de $+0,30\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{decenni}$ des de la superfície i fins a 50 metres de fondària (l'increment ha estat una mica més petit des d'aquest nivell fins als 80 metres) (vegeu la figura 8). Aquest escalfament s'ha produït durant totes les estacions de l'any, però ha estat més acusat a l'estiu i a la tardor.

Això no solament és un senyal més de l'escalfament del clima, sinó que pot tenir conseqüències importants per a la vida marina i per a la capacitat del mar d'actuar com a embornal de carboni. Ja s'ha explicat a l'apartat anterior que a les nostres aigües ha anat augmentant l'estoc de carboni, una part del qual és CO_2 que s'ha combinat amb l'aigua i ha produït àcid carbònic.

No obstant això, l'augment de temperatura disminueix la capacitat del mar de dissoldre aquest gas i, per tant, una aigua més calenta tindrà menys capacitat de capturar el carboni de l'atmosfera. Es tracta d'un problema que es pot fer extensiu a tots els mars i oceans del planeta.

L'ascens de temperatura va acompanyat d'un altre signe del canvi climàtic: la pujada del nivell del mar. Les dades de l'Estartit indiquen que des del 1990 el nivell del mar ha pujat $+3,9\text{ cm}/\text{decenni}$ (vegeu la figura 9). Es tracta d'un augment estadísticament significatiu, com també ho són els augments registrats a les diferents estacions tret de l'hivern: $+4,5\text{ cm}/\text{decenni}$ a la primavera, i $+3,3\text{ cm}/\text{decenni}$ tant a l'estiu com a la tardor.

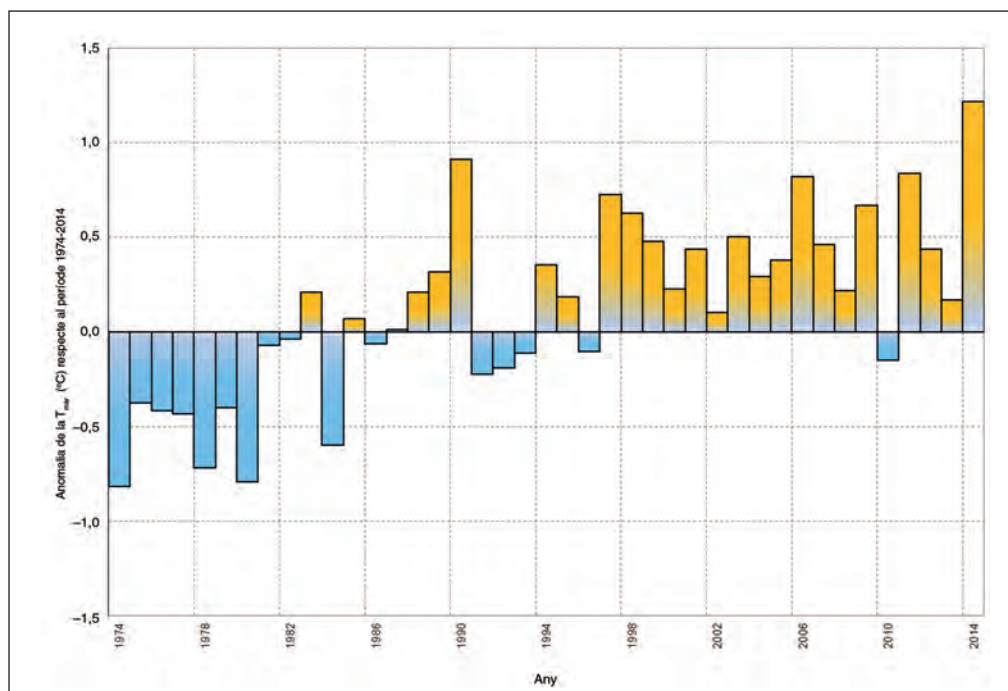


FIGURA 8. Anomalia de la temperatura mitjana anual de l'aigua del mar a la superfície a l'Estartit (1974-2014).
Font: *Butlletí Anual d'Indicadors Climàtics* corresponent a l'any 2014, a partir de les dades facilitades per Josep Pascual.

Aquestes dades són semblants a les que s'han obtingut en altres punts de la costa mediterrània. També concorden amb el *Cinquè informe d'avaluació* de l'IPCC, publicat el 2014, en el qual s'afirma que, molt probablement, la taxa mitjana global d'elevació del nivell del mar ha estat de +2,0 mm/any en el període 1971-2010, i que aquesta taxa deu haver augmentat fins a +3,2 mm/any entre el 1993 i el 2010. Aquest últim valor encaixa d'una manera força coherent amb la tendència d'augment del nivell del mar mesurada a l'Estartit.

Si de l'aigua del mar passem a la que es troba en estat sòlid, les notícies encara són pitjors, perquè hi ha una tendència a l'alça en el nombre de cicles de grans allaus al Pirineu de Catalunya des del 1970. Més recentment, els de neu humida també han crescut, especialment per episodis de pluges al centre de l'hivern.

Les masses de gel i la neu a les àrees més elevades del Pirineu occidental català han pogut ser analitzades en detall a partir d'imatges i fotografies preses des del 1980.

La conclusió és tan contundent com esgarrifosa: en aquests moments es pot afirmar amb rotunditat que ja no hi ha cap aparell glacial visible a Catalunya, i únicament s'intueix l'existència d'una glacera rocallosa al massís del Besiberri, a l'Alta Ribagorça. Es tracta d'una congesta de gel (és a dir, una zona d'acumulació de gel d'un nivell

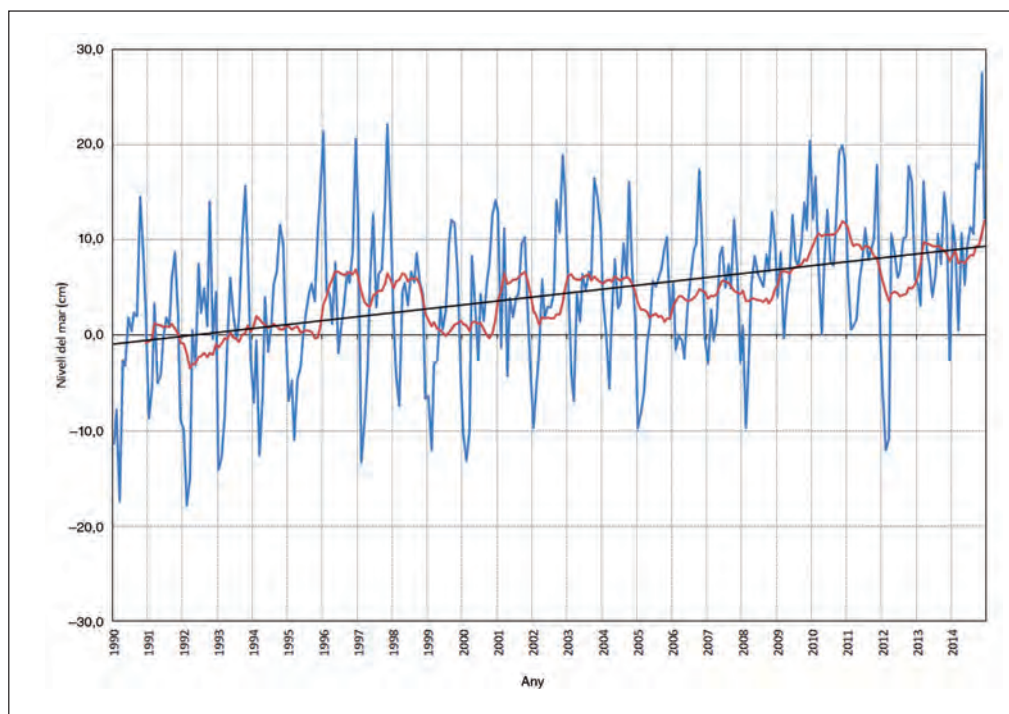


FIGURA 9. Evolució mensual del nivell del mar a l'Estartit (1990-2014). En vermell es dibuixa la mitjana mòbil de dotze mesos de període i la línia recta mostra la tendència lineal experimentada.

Font: *Butlletí Anual d'Indicadors Climàtics* corresponent a l'any 2014, a partir de les dades facilitades per Josep Pascual.



Glacera d'Aneto. Comparativa 2009-2012. Fragmentació del límit inferior del lòbul oriental que dona origen a la congesta de gel inferior d'Aneto.

Font: Jordi Camins.

inferior a una glacera pròpiament dita), probablement fragmentada, que només en algun sector podria arribar a superar els 10 metres de gruix.

Els veritables aparells glacials més propers es troben en dos massissos pirinencs que limiten amb Catalunya: el de Mont Valier, a l'Arieja, en territori francès, a tocar de la Vall d'Aran, i el d'Aneto-Maladeta, a l'Aragó, al límit de l'Alta Ribagorça.

Tanmateix, d'allà tampoc no ens arriben bones notícies: al massís Aneto-Maladeta, dels tretze aparells glacials catalogats l'any 2008 s'ha passat a onze aparells a final del 2014, i tots han perdut gruix i extensió. Això n'ha afavorit la fragmentació i que algunes zones baixin en la catalogació i passin a ser congestes o aparells glacials residuals.

Si, tal com es preveu, aquesta tendència segueix, els aparells glacials més propers a Catalunya es continuaran deteriorant i acabaran desapareixent; fins i tot les glaceres més extenses i que ocupen indrets més favorables hauran deixat de ser actives en

un termini d'uns vint-i-cinc anys, i al cap de deu anys més se n'haurà produït l'extinció total després d'un breu recorregut per un estat residual.

Així, doncs, per a conèixer bé el clima passat i poder preparar-se per al futur, cal disposar de sèries climàtiques llargues i de qualitat. Per això, cal una xarxa d'observació meteorològica en bon estat, ben mantinguda i, sobretot, d'una densitat espacial adequada. Això darrer és essencial a causa de la gran diversitat climàtica del nostre país.

1.5. El clima que ve: què diuen les projeccions climàtiques?

A l'apartat anterior s'han alternat les dades sobre l'evolució del clima en el passat amb algunes previsions sobre la tendència en el futur, les quals s'anomenen *projeccions climàtiques*. Es tracta de simulacions que es fan amb models numèrics, construïts a partir del que es coneix del clima passat i dels complexos mecanismes que dirigeixen el sistema climàtic. Les simulacions projecten el clima futur en una zona concreta considerant les variacions en les emissions i la concentració de GEH i d'aerosols, cosa que obliga a fer supòsits diferents perquè no es coneix quina serà l'evolució de la presència dels GEH i els aerosols a l'atmosfera.

Al seu torn, la temperatura, els canvis en els usos del sòl i el comportament dels embornals, entre altres factors, poden variar. També es poden produir canvis en les condicions socioeconòmiques o en les eines tecnològiques. Tanmateix, les projeccions són imprescindibles per a fer-se una idea de l'evolució que pot tenir el clima i plantejar les mesures per a fer-hi cara.

A escala global, les projeccions més completes i que es consideren de referència són les que l'IPCC resumeix en els seus informes. Els resultats que ofereixen, però, s'apliquen directament a grans regions, a una escala de milers de quilòmetres. A més, en àrees com Catalunya, amb una orografia complexa i una climatologia influenciada per la interacció mar-terra, els models globals no ofereixen una bona representació, motiu pel qual cal regionalitzar —és a dir, reduir l'escala— els resultats d'aquests models globals.

Per a obtenir els escenaris de futur per a Catalunya, s'han utilitzat els resultats de models climàtics globals, però s'han considerat molt especialment els resultats de diversos projectes de regionalització que s'han dut recentment a terme a escala internacional, estatal i catalana. També s'han tingut en compte, per al futur més immediat, les projeccions que han sorgit de les prediccions decennals efectuades amb diversos models globals.

Les projeccions aportades per la major part dels models confirmen la tendència que s'ha descrit fins ara. Prenent com a referència la mitjana del període 1971-2000, s'observa un augment de la temperatura mitjana anual de +0,5 °C a +1 °C per al període

2012-2021 al conjunt de Catalunya, i a mitjan segle (2031-2050) l'augment seria de +0,9 °C a +2 °C. Els increments es produirien a totes les estacions de l'any i a tot el territori, però podrien ser més elevats durant l'estiu i al Pirineu. Les taules 1 i 2 en detallen els resultats.

TAULA 1. Variació de la temperatura i la precipitació a Catalunya segons l'estació de l'any (1971-2000)

		Hivern	Primavera	Estiu	Tardor	Anual
Temperatura (°C)	2012-2021	0,7	0,7	0,9	0,8	0,8
	2031-2050	1,3	1,2	1,8	1,7	1,4
Precipitació %	2012-2021	2,2	-4,6	-3,0	-5,2	-2,4
	2031-2050	-3,8	-10,7	-10,2	-9,4	-6,8

Nota: els valors són les medianes de les projeccions climàtiques efectuades per diversos models i projectes d'abast global i regional.

Font: Tercer informe sobre el canvi climàtic a Catalunya, 2016.

TAULA 2. Variació de la temperatura i la precipitació a Catalunya segons el territori (1971-2000)

		Litoral/ prelitoral	Interior	Pirineu	Catalunya
Temperatura (°C)	2012-2021	0,7	0,7	0,8	0,8
	2031-2050	1,4	1,4	1,6	1,4
Precipitació (%)	2012-2021	-2,4	0,7	-0,2	-2,4
	2031-2050	-8,3	-6,5	-5,3	-6,8

Nota: els valors són les medianes de les projeccions climàtiques efectuades per diversos models i projectes d'abast global i regional.

Font: Tercer informe sobre el canvi climàtic a Catalunya, 2016.

Aquests augments poden semblar petits si es consideren les diferències que ara es poden observar entre territoris o estacions o fins i tot en un mateix dia. No obstant això, i per posar un exemple clar, durant la darrera era glacial la temperatura mitjana de la Terra era només entre 5 °C i 8 °C inferior a l'actual. Així, doncs, hi ha d'haver pocs dubtes que si es compleixen aquestes projeccions, els canvis que patirem seran significatius.

Pel que fa a la precipitació, tot i que projeccions diferents donen resultats diferents, i per això es diu que la tendència és incerta, la major part de models apunten a una disminució de la precipitació. Si ens fixem en les projeccions regionalitzades —dissenyades a una resolució espacial de 10-30 km en comptes dels 150-300 km de les projeccions globals—, observem un descens de les precipitacions per al conjunt de Catalunya i per a tot l'any i un descens de la mitjana anual de -6,8 % (2031-2050).

Totes aquestes simulacions s'han basat en escenaris d'emissions «moderats» —per tant, amb una taxa d'increment d'emissions de GEH que tendeix a estabilitzar-se. Si la generació de gasos augmenta a un ritme més elevat —i això depèn de diversos factors, però bàsicament de les polítiques que es duguin a terme a escala planetària—, els canvis podrien ser més marcats, la temperatura podria augmentar i la precipitació podria disminuir. Tanmateix, aquest efecte no es produiria d'una manera clara fins a la segona meitat del segle XXI.

Junt amb les mitjanes, cal tenir en compte si es poden produir més fenòmens extrems. En el cas de les temperatures màximes i mínimes diàries, per al 2050 poden augmentar fins a 3,5 °C i 1,5 °C, respectivament.

També podem esperar que el nombre de mesos càlids augmenti d'una manera considerable durant els pròxims quaranta anys. En canvi, el nombre de mesos molt freds seria semblant a l'observat en el període de referència (1971-2000).

A la zona litoral i prelitoral, augmentaria considerablement el nombre de nits tropicals (quan la temperatura és igual o superior a 20 °C). Pel que fa a les zones d'alta muntanya, les projeccions apunten a una reducció notable dels dies de glaçada (quan la temperatura mínima és igual o inferior a 0 °C).

També poden augmentar els episodis de pluja torrencial, i això no és incompatible amb la disminució global de la precipitació. D'aquesta manera, es preveu que augmenti la probabilitat d'ocurrència d'episodis de precipitació superior a 200 mm en vint-i-quatre hores. En canvi, la gravetat i la durada de les sequeres podria augmentar significativament a causa de l'efecte combinat de l'augment de la temperatura i la disminució de la precipitació.

Hi hauria, per tant, més pluges torrencials i sequeres més llargues. El clima es mostraria més variable i amb una tendència a l'augment d'aquests fenòmens extrems.

2a PART



Sistemes naturals: impactes, vulnerabilitat i adaptació

En els apartats anteriors s'ha pogut constatar la tendència que les principals variables climàtiques han registrat durant els darrers decennis i les projeccions que s'han fet fins a l'any 2050. En conjunt, hi ha una sèrie de fenòmens o situacions que, amb poc marge de dubte, augmentaran en freqüència i, sovint, intensitat.

En aquest sentit, es pot afirmar amb molta seguretat que el canvi climàtic farà augmentar les temperatures altes extremes i les onades de calor, que hi haurà més nits tropicals i que les ratxes càlides es prolongaran durant més temps.

En canvi, no hi ha una tendència significativa i generalitzada envers un increment del nombre de dies de pluges fortes, ni de la precipitació màxima en vint-i-quatre hores, ni de qualsevol dels índexs relacionats. També és molt probable que augmenti la durada de les ratxes seques. Això serà més evident a l'estiu, l'estació en què la pujada de la temperatura i la disminució de la precipitació són més marcades.

Aquestes variacions tindran una incidència molt marcada en l'agricultura i l'estat dels ecosistemes, perquè els sòls seran més secs a la primavera i el període sec estival s'allargarà. També afectaran la disponibilitat dels recursos hídrics, que disminuiran i esdevindran més variables. Això darrer en dificultarà la gestió a l'hora de fer cara a les sequeres. La gran reserva d'aigua que és la de neu emmagatzemada també continuarà disminuint.

Si hi ha períodes calorosos i secs més prolongats, els conreus necessitaran més aigua i l'estrès hídric de les plantes augmentarà; és la conseqüència lògica d'un augment de la demanda i una disminució de la disponibilitat d'aigua.

2.1. Incendis, inundacions i altres riscos d'origen climàtic

La disminució de la disponibilitat d'aigua incrementarà el perill d'incendis forestals causat per les temperatures elevades i una sequera més severa. Aquests sinistres es podrien estendre a zones on ara no són gaire habituals, com ara les àrees de muntanya, o en temporades en què actualment la incidència és molt més petita, com ara l'hivern i la primavera.

Davant d'això, dos elements essencials són la gestió forestal, que ha de dificultar l'expansió d'aquests incendis, i la planificació, que ha de facilitar l'accés a les zones afectades.

També cal pensar en la responsabilitat sobre uns fets que es poden produir d'una manera més freqüent a causa del canvi climàtic i que requereixen, en conseqüència, mesures més contundents.

Així, si bé alertar sobre les accions o les imprudències susceptibles de provocar focs sempre ha estat important, encara ho serà més si les condicions afavoreixen que aquests incendis es puguin declarar amb més freqüència o escampar amb més rapidesa.



Efectes de l'incendi forestal que va afectar el Parc Natural de Sant Llorenç del Munt i l'Obac a l'agost de 2003.
Font: Grup d'Anàlisi de Situacions Meteorològiques Adverses de la Universitat de Barcelona.



Un carrer de Badalona durant l'aiguat del 29 de juliol de 2010.

Font: O. Rodríguez.

El nombre d'episodis que produeixen inundacions locals creix des de mitjan segle XIX, probablement a causa de l'augment de l'exposició i la vulnerabilitat. També es detecta una pujada recent del nombre d'episodis a l'estiu que es podria relacionar amb un increment de la torrencialitat de les pluges, tot i que encara no hi ha prou evidències.

Pel que fa al futur, els escenaris que dibuixen els models climàtics no són concloents, però si augmentessin les precipitacions torrencials es podria provocar un increment significatiu del risc d'inundació. Hi contribuirien, però, factors que no estan relacionats amb el canvi climàtic, com ara l'augment de la vulnerabilitat i de l'exposició i els canvis d'usos del sòl.

Si bé la planificació urbanística i la instal·lació d'infraestructures sempre han de tenir present el risc d'avingudes d'aigua o d'inundacions, la probabilitat d'un increment de pluges torrencials o esclavissades encara ho fa més necessari, atès que aquest risc provoca grans pèrdues econòmiques i representa el nombre més elevat d'activacions dels plans de protecció civil.

Així, s'ha constatat que les esclavissades, els desprendiments de roques i els corrents d'arrossegalls d'abast local són més freqüents del que es pensava. Malgrat això, actualment no hi ha evidències que l'augment en la freqüència d'aquests fenòmens sigui el resultat de cap variació en la intensitat o en la durada de les pluges. És pro-



Un pont de la carretera nacional II destruït després dels aiguats del 10 de juny de 2000.

Font: Maria del Carmen Llasat.

bable que aquest increment es degui més al desenvolupament de les tecnologies de la comunicació, les quals en faciliten la difusió, que no pas a raons climàtiques.

Tot i això, s'han instal·lat instruments de mesures en conques experimentals, cosa que ha permès obtenir informació molt més precisa i constatar que els llindars de pluja que desencadenen esllavissades són inferiors als que es coneixien fins ara.

El nombre d'accidents per allau, d'altra banda, ara és superior. Si bé és cert que hi ha una tendència a l'augment del nombre de cicles de grans allaus al Pirineu de Catalunya i que alhora han augmentat les allaus de neu humida, també hi ha molta més gent que participa en activitats d'alta muntanya. Malgrat l'increment en el nombre d'accidents, hi ha menys víctimes mortals, fet que s'explica, molt probablement, per una percepció més gran del risc per part dels practicants d'activitats d'oci i laborals a l'alta muntanya.

Això significa que, més enllà de la incidència del clima en certs fenòmens, l'augment de la consciència i de les mesures de prevenció pot comportar una disminució dels efectes negatius. Així, doncs, s'ha de tenir una visió holística i integrar la gestió del risc i l'adaptació al canvi climàtic tant a la planificació territorial com sectorial. L'establiment de comissions interdepartamentals per a la reducció del risc és el mitjà imprescindible per a assegurar la coordinació de totes les parts interessades.

No obstant això, al mateix temps s'ha de millorar la conscienciació i la corresponsabilitat de la població, sobretot en zones o sectors de la població molt vulnerables. Una bona planificació i una bona gestió, acompanyades d'una consciència més elevada i d'un comportament més responsable, semblen essencials per a fer cara als reptes que el canvi climàtic crea en relació amb els riscos naturals associats al clima.

2.2. L'aigua, un recurs més escàs

Un dels efectes més marcats del canvi climàtic a Catalunya serà una reducció en l'aigua disponible. En aquest sentit, en el futur l'escassetat de recursos hídrics serà comuna a tot el país, tot i que l'heterogeneïtat del territori delimitarà diversos nivells de vulnerabilitat.

L'escassetat d'aigua augmentarà a tot arreu, però variarà molt en funció de cada zona. A partir d'un balanç hídric basat en les dades de les projeccions climàtiques i els usos del sòl a cada conca hidrogràfica, s'ha calculat que la disponibilitat d'aigua davallarà un 11 % l'any 2021 i un 17,8 % l'any 2051. Per a aquest darrer horitzó, la davallada serà molt més petita a les comarques del Pirineu, tot i ser important, que al conjunt de Catalunya, i es calcula en un 9,4 %. A les comarques de l'interior la disminució serà del 18,2 %, i a les comarques litorals, podrà arribar al 22 %.

Els efectes seran similars tant a l'interior com al litoral català, i resultaran especialment marcats a la meitat meridional. En aquesta zona, es calcula que el 2051 els recursos hídrics disponibles disminuiran entre un 70 % i un 75 % amb relació als valors actuals, la qual cosa evidencia que la disponibilitat d'aigua, tant per a l'abastament humà com per a la preservació de rius i zones humides, serà un dels problemes més rellevants en els pròxims decennis

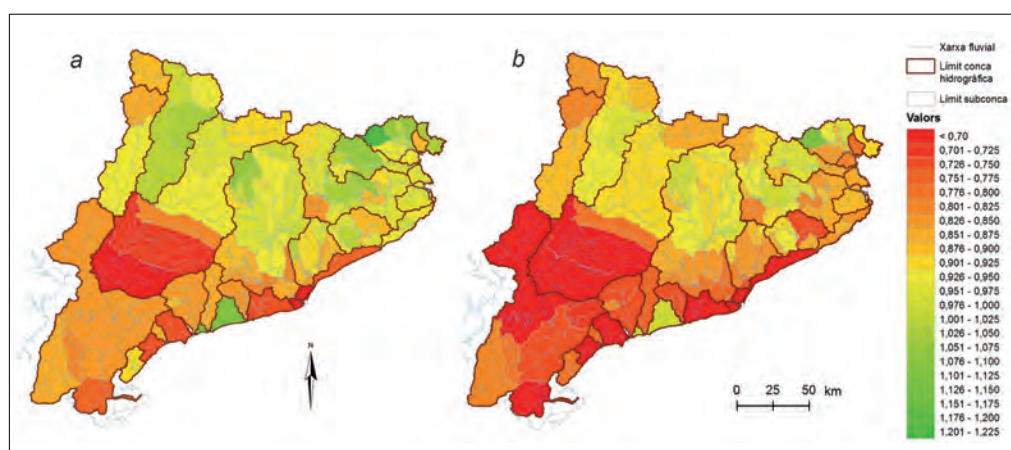


FIGURA 10. Distribució territorial dels recursos hídrics disponibles a Catalunya per als horitzons a) 2021 i b) 2050, mitjançant la relació del quocient R/P en cada horitzó i el valor actual basat en les dades registrades a 168 observatoris de Catalunya. La distribució dels usos del sòl actuals, com a determinants del component evapotranspiratiu del balanç hídric, també s'ha considerat en el càlcul del recurs disponible total.

Font: Tercer informe sobre el canvi climàtic a Catalunya, 2016.



Imatge del pantà de Sau de l'any 2008, durant l'episodi de sequera que deixà l'església al descobert.
Font: Grup d'Anàlisis de Situacions Meteorològiques Adverses de la Universitat de Barcelona.



Imatge del pantà de Susqueda durant la greu sequera de l'any 2008, presa el 5 de març.
Font: Agència Catalana de l'Aigua, Generalitat de Catalunya.

Destaquen les estimacions referents a les subconques pirinenques, atès que condicionaran els recursos hídrics disponibles per a la regulació dels embassaments, els elements principals de gestió per als diferents usos antròpics i per a la garantia de les funcions ecològiques i hidrològiques als rius més antropitzats de Catalunya: el Ter, el Llobregat, el Segre, la Noguera Pallaresa i la Noguera Ribargorçana.

En el capítol 7 del TICCC es presenten cartografies inèdites de la disponibilitat futura d'aigua a Catalunya basades en el càlcul del balanç hídric en les distintes situacions climàtiques. Aquesta disponibilitat s'expressa mitjançant la relació R/P (la relació entre els recursos disponibles, tant per l'escolament fluvial com per la recàrrega dels aqüífers, i la precipitació) per als horitzons climàtics del 2021 i el 2050 (vegeu la figura 10), i el valor R/P actual, segons la mitjana de precipitació i temperatura del darrer decenni. Els valors de temperatura, juntament amb la distribució dels usos del sòl, són necessaris per a calcular la pèrdua per evapotranspiració del balanç, molt dependent del tipus de vegetació i, concretament, de la massa forestal.

Canvi climàtic, canvi de models de gestió

Com també manifesten diversos estudis duts a terme al Principat, aquesta projecció s'explica pel canvi de les variables climàtiques i també, d'una manera directa, pel canvi d'usos del sòl, especialment en l'abandonament de les terres de conreu i el consegüent augment de la massa forestal.

Així, doncs, hi ha dos elements clau que, més enllà de les conseqüències del canvi climàtic, tenen un paper rellevant en la disponibilitat de recursos hídrics: els canvis en els usos del sòl i la gestió dels mateixos recursos. D'aquesta manera, els canvis que s'han produït en els usos del sòl i la gestió de les conques, els rius i els aqüífers duts a terme durant el segle xx han modificat el balanç hídric regional.

Per això, més enllà de l'augment de la temperatura i la disminució de les pluges, cal una gestió integrada de la demanda a fi d'adaptar-la a la disponibilitat del recurs, ja sigui amb l'estalvi, amb l'ús de fonts locals alternatives o, sobretot, amb la reutilització de les aigües regenerades en tots els àmbits on sigui possible. Els pròxims reptes són les tasques destinades a millorar l'eficiència en la distribució del recurs i a considerar la interconnexió entre xarxes per a garantir el subministrament de manera equilibrada i compromesa.

Les estimacions de creixement demogràfic a Catalunya no comportaran cap augment significatiu de la demanda d'aigua a les conques internes, on hi ha les necessitats urbanes més destacables, concretament a les àrees metropolitanes de Barcelona, Girona - Costa Brava i Camp de Tarragona. Fins i tot algunes grans ciutats, com Barcelona i el seu entorn, han disminuït el consum diari fins a un 15 % en els darrers decennis. Això es deu, en bona part, a l'aplicació de mesures d'estalvi i a un ús més eficient de l'aigua, si bé encara són insuficients per a afrontar la davallada en la disponibilitat d'aigua causada pel canvi climàtic. L'objectiu en l'àmbit

de la gestió ha de ser, doncs, reduir progressivament el consum i assolir una gestió eficient de l'aigua.

Els projectes de desenvolupament agrari s'han d'emmarcar en un context generalitzat d'escassetat de recursos. Així, per exemple, els nous projectes de regadius i grans embassaments projectats per a abastir-los en l'actual Pla Hidrològic a la Conca de l'Ebre incrementaran les necessitats agrícoles en detriment del cabal del riu, ja mancat de recursos pel mateix canvi climàtic, i de l'abastament a les parts més baixes de la conca. En aquest cas, els usos ambientals i, més específicament, l'estabilitat del delta de l'Ebre en tots els aspectes que depenen del cicle hidrològic i sedimentari seran especialment sensibles i vulnerables.

Un problema de quantitat, però també de qualitat

Un altre aspecte que cal considerar és la qualitat dels recursos hídrics en un context de més escassetat hídrica. D'una banda, la importància que tindrà en la preservació dels ecosistemes fluvials i dels serveis que proporcionen en tant que assimilen nutrients i elements químics no desitjables en dissolució. De l'altra, l'afectació en la dilució d'altres tipus de contaminació, com ara la de les aigües subterrànies, per una manca de recàrrega al subsol. A les zones litorals tindrà molta influència l'augment del nivell del mar, una altra conseqüència del canvi climàtic. Amb l'augment del nivell del mar i l'explotació dels recursos d'aigua subterrània a la zona litoral, la falca salina avançarà cap al continent i el nivell de salinització dels aqüífers s'incrementarà.



El riu Ebre dona vida a la plana deltaica abans d'arribar a la mar Mediterrània.

Font: Mariano Cebolla. Arxiu del Parc Natural del Delta de l'Ebre.

En aquest aspecte, la situació als deltes del Llobregat i de l'Ebre és diferent. En el primer cas, la falca salina és induïda per les extraccions d'aigua subterrània a l'àrea deltaica i l'actuació adoptada per a controlar-la ha estat la creació de barres hidràuliques (les quals també poden ser efectives davant de l'ascens del nivell del mar).

Al delta de l'Ebre, en canvi, el balanç entre aigua dolça i aigua salada, tant al llarg del canal del riu com en els aqüífers, és extremament delicat, a causa de la mateixa geografia del delta, però, sobretot, del control de l'equilibri hídric per part de les activitats agrícoles. L'Ebre, per si mateix, és el paradigma de sistema hídric litoral que rep els efectes del canvi climàtic tant des del continent (reducció i canvis en el règim de cabals, reducció de les aportacions de sediment) com des del mar (intrusió marina, erosió litoral).

2.3. La costa catalana, molt més vulnerable

Una de les conseqüències del canvi climàtic és l'augment del nivell del mar, que afectarà els sistemes costaners, com les platges i els ports, tot i que no es pot generalitzar perquè aquests sistemes tenen una elevada diversitat de pressions, tant naturals com antròpiques. La resposta a factors meteorològics i oceanogràfics actualment ja és molt variada i ho continuarà sent amb climes futurs.

Erosió marina i increment del nivell del mar

Pel que fa a l'onatge, es preveu que el valor més representatiu, la mediana de l'altura de l'ona, disminueixi lleugerament a la major part del domini català —això concorda amb una disminució de la velocitat del vent. Tanmateix, en latituds properes al golf de Gènova, és a dir, al nord de la costa catalana, es produiria un augment. A més, els patrons són molt diferents entre l'estiu —quan l'alçària de l'ona augmentaria a la part sud— i l'hivern.

L'impacte sobre les platges s'ha avaluat en termes d'erosió i inundació marina. El primer concepte expressa la diferència entre els sediments entrants i sortints —és a dir, entre els que han estat aportats per diferents mecanismes i els que han estat extrets per l'onatge.

Si parlem d'erosió en sentit estricte és perquè aquest balanç és negatiu —n'han sortit més dels que hi han entrat. La major part de les platges catalanes pateixen una erosió que, com a mitjana per a tota la costa, se situa entre els 0,60 m/any i 0,90 m/any. Les projeccions de l'erosió induïda per les alteracions en l'onatge, que transporta els sediments longitudinalment al llarg de la costa, revelen que per a l'any 2050 un 26 % de la costa catalana mantindrà el mateix comportament quant a l'erosió o l'acreció (el fenomen contrari).

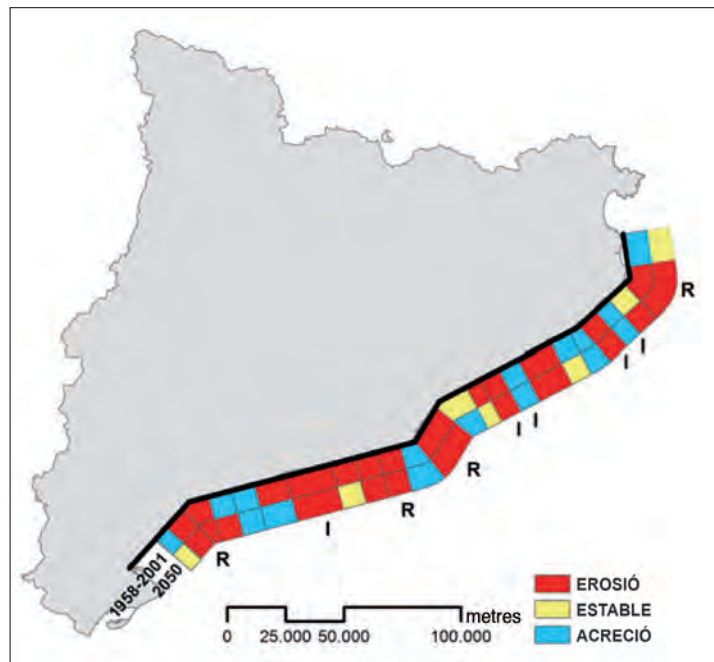


FIGURA 11. Comportament de la costa a mitjà termini present (període 1958-2001) i en un escenari de canvi climàtic, l'any 2050. I (intensificació): designa trams costaners on l'efecte del canvi climàtic intensifica l'erosió. R (reducció): correspon a trams de costa on l'efecte del canvi climàtic produeix una reducció de l'erosió).

Font: Casas-Prat, M.; Sierra, J. P. «Trend analysis of wave direction and associated impacts on the Catalan coast». *Climatic Change*, 115, 2012, p. 667-691.

Això vol dir que més del 70 % de les platges experimentaran un canvi respecte de les condicions inicials; d'aquestes, prop del 50 % empitjoraran (més erosió), mentre que en la resta es produirà una millora (acreció). El diagnòstic adverteix de la vulnerabilitat del tram nord de la costa catalana. La figura 11 mostra el potencial d'erosió i d'acreció.



L'aspecte desèrtic del Fangar, una de les icones del Parc Natural del Delta de l'Ebre.

Font: Mariano Cebolla. Arxiu del Parc Natural del Delta de l'Ebre.

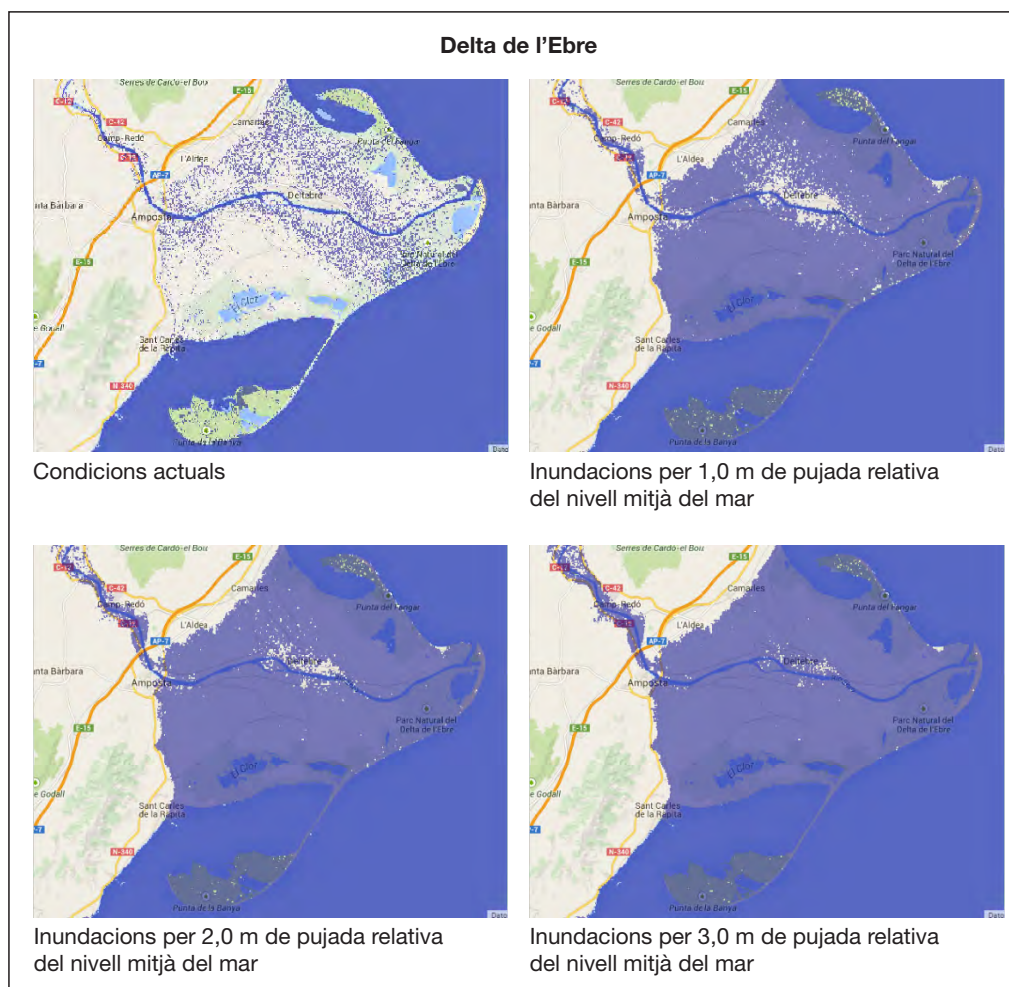


FIGURA 12. Efecte de l'increment relatiu del mar al delta de l'Ebre. El delta actual figura al costat superior esquerre. Les inundacions causades per 1,0 m, 2,0 m i 3,0 m d'increment relatiu figuren a continuació, calculades tenint en compte que el delta no respon al canvi relatiu dels nivells terra-mar i que, per tant, es pot aplicar un model del tipus «banyera» (*bathtub* o inundació simple), que implica que no hi ha cap reacció del perfil de platja. El nivell relatiu correspon a un increment del mar de fins a 2,0 m i a una subsidència de fins a 1,0 m. Això permet una anàlisi de sensibilitat, sense associar aquests nivells a un horitzó temporal determinat. Font: La topografia prové d'un model digital del terreny, obtingut a partir d'imatges de l'Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya.

Aquest transport de sediment dominarà l'evolució de les característiques de la platja a mitjà termini. A llarg termini, però, cal considerar la combinació de la subsidència de la costa i l'increment del nivell mitjà del mar. També cal tenir en compte les modificacions episòdiques causades per temporals. En aquest sentit, es preveu que més del 50 % de la costa de Catalunya esdevingui vulnerable o molt vulnerable a l'erosió provocada per l'acció dels temporals.

D'aquesta manera, considerant la contribució del transport longitudinal, l'any 2060 Catalunya tindrà 140 km de costa molt vulnerables als efectes dels temporals, cosa

que contrasta amb els 61 km actuals. El Montsià, el Baix Ebre, el Tarragonès i el Baix Penedès són les comarques on l'increment dels quilòmetres en situació de vulnerabilitat serà més important (especialment al Montsià, on es passaria de 3 km a 65 km). Les figures 12 i 13 mostren l'efecte de l'increment relatiu del mar al delta de l'Ebre i a la platja de la Barceloneta, respectivament.

Finalment, però, si es té en compte l'efecte combinat del transport longitudinal de sediments i l'increment relatiu del nivell mitjà del mar, els models apunten que Catalunya passaria a tenir 164 km de costa —d'un total de 218 km analitzats— amb una vulnerabilitat alta o molt alta a l'erosió. Destaca especialment l'Alt Empordà, on el cent per cent de la costa esdevindria vulnerable.

Els ports, les infraestructures més vulnerables

Un altre element litoral afectat pel canvi climàtic (especialment per l'augment del nivell del mar) són els ports. En aquest cas, els principals impactes potencials directes són l'ultrapassament dels dics de recer de les embarcacions i la inundació de molls i superfícies portuàries.

D'acord amb els models, els cabals d'ultrapassament, és a dir, l'aigua que passaria per sobre del dic de recer, augmentarien significativament en molts ports catalans. Això faria que el nombre de ports en situació de vulnerabilitat creixés, particularment davant del risc de tempestes d'intensitat mitjana o gran, la qual cosa afectaria l'operativitat

portuària i podria comportar problemes seriosos de gestió a les instal·lacions.



FIGURA 13 . Evolució de la línia de vora de platja de la Barceloneta, causada per la pujada del nivell del mar, considerant una platja de sorra (cas teòric) i l'existència d'infraestructures rígides (cas real).

Font: Tercer informe sobre el canvi climàtic a Catalunya, 2016.

Si el nivell del mar augmenta encara més del que s'ha considerat (gairebé 4 cm/decenni), la situació empitjorarà significativament. La major part dels ports amb problemes potencials d'ultrapassament es localitzen a la meitat nord de la costa catalana.

Els ports situats més al nord també patiran un increment de l'agitació —s'anomenen d'aquesta manera les variacions causades per ones de curt període que es registren dins dels recintes portuaris per can-

vis en les condicions d'onatge. El mateix passarà als situats més al sud. En canvi, l'agitació mitjana anual podria mantenir-se o minvar als ports situats al sector central de la costa catalana. Cal tenir en compte que l'època de l'any en què l'agitació augmentarà serà l'estiu, precisament quan l'ocupació a la costa és més gran.

2.4. Els ecosistemes: canvis d'estructura, de funcionament i en els serveis que ens proporcionen

Els ecosistemes són rellevants des de diversos punts de vista. Ens proporcionen una sèrie de serveis productius, com aliments, pastures per als ramats, medicines, fusta, etc., però també ambientals, com el manteniment de la biodiversitat, la regulació de la composició atmosfèrica i del clima, la conservació del sòl i de l'aigua o l'emmagatzematge de carboni, entre d'altres.

Presenten, igualment, un vessant social: usos recreatius, educatius i de lleure, valors tradicionals culturals, turisme, excursionisme, etc. A més, molts d'aquests serveis tenen una lectura econòmica evident. Per això, l'afectació del canvi climàtic en els ecosistemes és un tema essencial, que té incidència en molts àmbits.

La primera constatació és que l'augment de la temperatura, les noves pautes de la precipitació i altres canvis climàtics ja estan afectant els ecosistemes terrestres catalans. Hi ha fets que molta gent ha experimentat o ha intuït. La primavera s'avança? L'hivern triga més a arribar? Hi ha espècies vegetals que floreixen abans o animals migradors que han canviat les pautes d'arribada i de partida? Diversos estudis confirmen i quantifiquen aquestes impressions.

Per exemple, és ben sabut que l'inici de la primavera s'ha avançat i que l'arribada de l'hivern s'ha endarrerit, per la qual cosa el període vegetatiu s'ha perllongat uns tres o quatre dies de mitjana per decenni en els darrers cinquanta anys. I a la natura, on hi ha tantes interaccions i tanta dependència d'unes espècies respecte a d'altres, això pot produir canvis encara més visibles (a tall d'exemple, els ocells migradors poden trobar a faltar certs aliments per a alimentar les cries perquè les plantes han variat els patrons de floració o de producció de fruit).

Algunes espècies són més vulnerables a aquests canvis que d'altres, i això els fa disminuir l'habilitat competitiva. En darrer terme, la composició de les comunitats canvia (als nostres matollars, per exemple, disminueix la riquesa d'espècies), com també ho fa la distribució de les espècies (algunes espècies mediterrànies van a viure a cotes més elevades per compensar l'augment de la temperatura).

Canvis genètics que transformen ecosistemes

Les evidències es poden observar des del nivell més petit, a escala molecular, fins a les extensions de les imatges que mostren els satèl·lits, amb grans alteracions en el

conjunt del país. Entremig trobem modificacions en el metabolisme dels organismes, canvis en la demografia de les poblacions vegetals i animals, variacions en la composició de les comunitats i diferències en l'estructura i el funcionament dels ecosistemes.

Anem a l'escala més petita amb un exemple: estudis de camp fets al Montseny i experiments de manipulació climàtica duts a terme al Garraf (en els quals s'ha provocat escalfament i dèficit hídric) mostren que moltes espècies tenen capacitat d'aclimatació i adaptació ràpida com a resposta al canvi climàtic perquè aprofiten la variabilitat genètica de les seves poblacions.

En conseqüència, se'n poden extreure dues conclusions: 1) els impactes severos sobre els organismes i els ecosistemes catalans poden ser ben significatius, i 2) com menys variabilitat genètica tinguin les espècies, més petita serà la capacitat de resposta i adaptació.

El material genètic, el DNA, pot patir variacions en la seqüència de nucleòtids —les quatre lletres, A, C, T i G, que es combinen per produir l'extraordinària diversitat de la vida. No obstant això, els darrers anys s'han descrit alteracions en l'expressió dels gens que no són atribuïbles a canvis en aquesta seqüència: és el que es coneix com *epigenètica*, que, en resum, consistiria en canvis en algunes parts del DNA, com ara els anomenats *processos de metilació*, els quals comporten que un determinat gen s'expressi o no.

Això vol dir, en definitiva, que en genètica no solament compta la seqüència dels nucleòtids i, per tant, els gens que un individu té, sinó també l'existència d'una mena d'interruptors que en poden encendre o apagar l'activitat.

S'han analitzat els canvis en els perfils de metilació en alzines (*Quercus ilex*) sotmeses a una sequera induïda experimentalment i s'han observat diferenciacions epigenètiques atribuïbles clarament a aquesta sequera. També s'han utilitzat tècniques basades en l'anàlisi de diversos metabòlits per a mesurar l'activitat en el bruc d'hivern (*Erica multiflora*) i l'alzina, i s'ha descrit un descens d'activitat de les vies metabòliques lligades a l'acumulació d'energia i al creixement, i un augment de les rutes metabòliques secundàries lligades als mecanismes antiestrès com a resposta a l'increment del grau de sequera.

Les conseqüències poden ser molt diverses i inesperades. Els canvis metabòlics comporten canvis de composició química als diferents òrgans de les plantes, i aquests canvis, alhora, afecten el sabor de les plantes, que poden ser més o menys grates al paladar dels herbívors. Per tant, els canvis metabòlics poden afectar tota la xarxa tròfica.

Totes les respostes metabòliques tenen un fort efecte en el creixement i el desenvolupament dels organismes a mitjà i llarg termini. Així, a l'alzinar de les muntanyes de Prades s'ha observat que una petita reducció de la humitat del sòl ha comportat una

reducció molt important en l'increment de biomassa. Aquesta forta disminució del creixement dels arbres ha estat produïda per una disminució de les taxes fotosintètiques netes i per un augment de la defoliació.

El calendari de la natura varia

Les espècies mediterrànies mostren una forta capacitat d'aclimatació a condicions càlides i seques, però poden ser sensibles a situacions de sequera persistent i a l'estrès per temperatura elevada. Una de les estratègies que aquestes espècies poden seguir és aprofitar al màxim els períodes en els quals disposen de condicions favorables.

Això es pot aconseguir amb canvis fenològics, és a dir, amb els cicles lligats al clima. De fet, ja s'ha observat que el canvi climàtic no solament altera el calendari de sortida de les fulles i l'època de floració, sinó que també incideix en la caiguda de la fulla d'espècies caducifòlies a l'hivern.

En general, l'escalfament endarrereix l'envelliment i la caiguda de la fulla. La sequera, en canvi, l'avança, si bé la intensitat amb què ho fa varia segons l'espècie. L'impacte del canvi climàtic dependrà, en definitiva, de la importància relativa de cadascun d'aquests factors en regions o anys específics.

Per la dependència o la relació mútua entre plantes i animals, aquests darrers també experimenten canvis fenològics. En aquest sentit, ja hi ha dades fefaents de l'avançament de les dates d'aparició de les abelles, així com de la floració de determinades plantes que pol·linitzen.

Pel que fa a canvis en el rang de distribució de les espècies, també hi ha nombrosos exemples d'espècies que s'estenen cap a latituds més properes als pols o a cotes més altes de les muntanyes.

Els grans arbres, els diminuts microorganismes

Pel que fa a les espècies arbòries, no totes es veuen afectades de la mateixa manera per la sequera. En el cas de l'alzina, una espècie dominant als boscos mediterranis catalans, els darrers anys ha patit una disminució important de la productivitat i un augment de la mortalitat i de les taxes de defoliació. En canvi, en altres espècies arbustives de port elevat i més adaptades a ambients àrids l'efecte de la sequera ha estat mínim.

D'aquesta manera, es podria esperar que si el clima mediterrani esdevé més àrid en el futur, l'alzina sigui reemplaçada per les esmentades espècies arbustives i que, en conseqüència, es redueixi la capacitat d'embornal de CO₂ que actualment tenen els boscos del nostre país.

Cal que també tinguem en compte l'efecte del canvi climàtic en les comunitats microbianes del sòl, que, tot i la mida reduïda d'aquests organismes, regulen els cicles del carboni i dels nutrients a escala global.

Els canvis en els règims de precipitació poden, en primer lloc, alterar la composició de la comunitat microbiana a conseqüència de l'extinció a escala local de determinades unitats taxonòmiques operacionals —en microorganismes no parlem d'espècies. També poden modificar l'abundància relativa de bacteris i fongs, els quals tenen activitats ben diferents en la descomposició d'altres organismes i, per tant, poden condicionar la disponibilitat de matèria orgànica per a altres organismes, com ara els macroinvertebrats.

Els microorganismes són més resilients i poden respondre a les pertorbacions. Tot i això, caldrà observar quina incidència té el canvi climàtic en aquestes comunitats, perquè poden provocar variacions a una escala més gran.

Les alteracions provocades pel canvi climàtic en els ecosistemes terrestres ja són, per tant, visibles, i es preveu que ho siguin més en el futur. No obstant això, poden ser més fortes i significatives si el canvi climàtic es combina amb altres pertorbacions que hi estan associades, com ara les inundacions, els episodis de sequera, les onades de calor i els incendis forestals. També hi influiran altres factors, com els canvis d'usos del sòl, la contaminació i la sobreexplotació dels recursos.

Aquestes pertorbacions comprometen —i comprometran— els serveis ambientals, productius i socials que els ecosistemes terrestres ens proporcionen. Per tant, les polítiques de gestió ambiental i forestal haurien de tenir en compte tant les característiques pròpies dels nostres ecosistemes com les condicions climàtiques, ambientals i socials que es projecten per als anys i decennis vinents.

La sequera, un factor determinant per a la integritat dels ecosistemes aquàtics continentals

Al nostre país, els ecosistemes aquàtics continentals (rius, estanys, llacs, llacunes, estanyols i embassaments) presenten una gran diversitat de fauna i flora. Aquests organismes s'han adaptat als canvis hidrològics extrems propis del clima mediterrani. No obstant això, si aquests canvis s'incrementen o es fan encara més intensos, la seva capacitat de resistència podria arribar al límit.

A mitjà termini, alguns nínxols ecològics podrien quedar buits i exposats a ser envaïts per espècies no natives, cosa que podria comportar unes comunitats més homogènies i una disminució del nombre d'espècies endèmiques, ara per ara molt més abundants que en moltes altres regions climàtiques.

La principal alteració que pateixen aquests sistemes aquàtics està relacionada amb el cicle hidrològic, el qual està més condicionat per l'activitat humana que pel canvi

climàtic: a les conques internes de Catalunya, el 36,4 % dels cabals —el 30 % si s'hi incorpora el Segre— s'intercepta per a usos urbans o agrícoles.

El canvi climàtic també pot afectar d'una manera important les espècies que viuen en aquests ecosistemes: pot ser el detonant de l'augment de la freqüència d'esdeveniments extrems i transitoris que afecten la presència de determinades espècies, com ara les sequeres i les avingudes, però també d'alteracions en les condicions hidrològiques habituals.

L'increment tèrmic anòmal pot ser la causa de la disminució de la coberta del gel en els llacs pirinencs, de l'avançament i la prolongació del període d'estratificació de les masses d'aigua lacustres i de l'augment de la temperatura de l'aigua fluvial, amb implicacions biogeoquímiques i per a la biodiversitat.

En l'estat dels ecosistemes aquàtics, hi poden influir fenòmens molt diversos lligats al clima, com ara la sequera. L'increment de la severitat i la freqüència d'aquest fenomen (especialment a l'estiu, com s'observa a tot el territori de la península Ibèrica durant els últims cinc decennis) pot provocar el trencament del continu fluvial i l'aparició d'un mosaic fragmentat de masses d'aigua efímeres i desconnectades.

A Catalunya, aquest procés d'augment de residència de l'aigua en el sistema hídic, anomenat *lentificació*, es pot observar d'una manera particularment clara perquè molts dels nostres rius són regulats per una xarxa molt densa de rescloses. Durant els períodes de sequera, aquestes rescloses, juntament amb els petits tolls aïllats de les lleres seques, acumulen la major part de l'aigua i l'activitat biològica de les xarxes fluvials.

Si la temperatura mitjana de l'atmosfera de la Terra augmentés en 2 °C respecte de l'època preindustrial (fet que l'Acord de París vol evitar), tots els canvis que se'n derivarien podrien produir un increment del 13 % en el temps de residència de l'aigua als rius catalans.

Aquest increment podria provocar l'acumulació de matèria orgànica, un dèficit d'oxigen, l'increment de la salinitat, l'acidificació de rius i llacs en aigües poc mineralitzades i fins i tot l'augment de la metanització o producció de metà, que és un GEH potent. L'aparició de grans poblacions estables de macròfits a rius regulats, com el Segre i l'Ebre, ja és una mostra clara d'aquestes alteracions biogeoquímiques i del règim de cabals.

Les poc previsible crescudes dels rius

El fenomen oposat, l'augment de la freqüència de crescudes dels rius, és més subtil. A Catalunya, els esdeveniments més catastròfics no presenten cap tendència significativa, si bé és cert que la freqüència de crescudes extraordinàries —desbordaments amb destruccions puntuals de patrimoni— tendeix a augmentar des del 1850, especialment a final d'estiu i principi de tardor. Aquests episodis no solament

estan relacionats amb el cabal circulant pel riu, sinó també amb el model urbanístic i d'ocupació del territori.

Des del punt de vista dels ecosistemes aquàtics, un increment de la freqüència d'aquests esdeveniments pot fer augmentar puntualment les concentracions de moltes de les substàncies dissoltes a l'aigua, com ara el carboni orgànic dissolt i els nitrats, que l'ecosistema fluvial amb prou feines pot retenir o processar i que aniran a parar a estanys i embassaments, zones al·luvials i deltaïques i àrees costaneres.

Un increment d'aquests successos extrems, que mobilitzen el substrat, erosionen la llera i transporten sediments, pot afavorir canvis en els hàbitats fluvials i, en conseqüència, una pèrdua d'heterogeneïtat. Un altre efecte pot ser que a les àrees urbanitzades les crescudes col·lapsin les xarxes de sanejament i el funcionament de les depuradores.

La incidència en la distribució de les espècies aquàtiques

L'ascens de la temperatura de l'aigua afecta el cicle vital i la distribució de les espècies, promou canvis en les interaccions i les xarxes tròfiques i afavoreix l'establiment d'espècies invasores. Alguns processos vitals, com la metamorfosi, també s'avancen en espècies autòctones. Per contra, el temps de desenvolupament es redueix amb



Estany de Baborte i coll de Sellente, al Parc Natural de l'Alt Pirineu.

Font: Generalitat de Catalunya.

l'augment de temperatura, i el resultat són individus adults més petits i amb menys potencial d'èxit reproductiu.

La distribució d'espècies d'aigua freda, com ara la truita comuna (*Salmo trutta*) o algunes espècies d'insectes, es podria reduir per efecte de la temperatura en el Prelitoral i el Prepirineu. La incidència de l'escalfament, però, també arriba als ecosistemes aquàtics d'alta muntanya. Així, els estudis fets a l'estany Redon (Vall d'Aran) mostren una clara tendència a l'escalfament de l'aigua al llarg de tot el segle xx, accelerada els darrers anys a conseqüència de l'augment de la temperatura a l'estiu i, sobretot, a la tardor. L'escalfament té un impacte evident en algunes de les espècies que l'habiten.

Al mateix temps, la modificació de la durada de la coberta de gel té incidència en la composició de les comunitats dels estanys d'alta muntanya.

Canvis profunds sota la superfície de la mar

La Mediterrània és una mar semitancada on conflueixen una elevada riquesa biològica i una fortíssima pressió de l'activitat humana a la costa, dos aspectes que la fan especialment vulnerable al canvi climàtic. Els darrers decennis s'han observat variacions en diversos paràmetres, per bé que no tots aquests canvis han estat causats únicament per aquest fenomen.

Un estudi recent assenyala que tan sols el 42 %, aproximadament, de l'escalfament observat els darrers decennis seria causat per l'acció humana; la resta provindria de la influència de l'oscil·lació multidecennal de l'Atlàntic (AMO), un patró de variabilitat que experimenta aquest oceà i que produeix variacions cícliques de temperatura.

Aquesta observació és important pel que fa a projeccions futures, perquè, d'una banda, l'AMO podria atenuar l'efecte de l'escalfament global, però, de l'altra, també reforçaria l'augment tèrmic en períodes determinats.

En tot cas, el canvi en les condicions climàtiques ha tingut una incidència clara tant en els ecosistemes com en espècies concretes, i cal tenir-ho present amb vista al futur.

D'entrada, la valuosa sèrie temporal de l'Estartit, que ja s'ha apuntat anteriorment, ofereix dades de la temperatura de l'aigua del mar a diferents profunditats (des del 1974) i de l'evolució del nivell del mar (des del 1990).

En síntesi, la informació recollida assenyala augments de temperatura mitjana anual de +0,3 °C a +0,19 °C per decenni en els primers 50 metres i a 80 metres de profunditat, respectivament. Quant al nivell del mar, l'augment ha estat de 3,9 cm de mitjana per decenni.

Aquestes dades no es poden extrapolar a tota la mar catalana, que comprèn una superfície aproximada de 74.000 km². La Mediterrània ja presenta una variabilitat natural en aquests dos paràmetres i les dades de l'Estartit, a part de tenir un valor en si

mateixes per a seguir l'evolució en un punt concret del litoral empordanès, permeten traçar una orientació general a la costa catalana.

La salinitat també ha augmentat des de la meitat del segle xx a la Mediterrània. L'augment ha estat molt elevat en zones profundes, per sota dels mil metres. En canvi, en zones superficials aquest increment ha estat més petit. Pel que fa al futur, els resultats dels diferents models difereixen i, en conseqüència, ara com ara no és possible afirmar si la salinitat augmentarà o disminuirà.

A la Mediterrània, com a la major part de mars i oceans del planeta, s'observa un procés d'acidificació de les aigües. Aquest fet es deu a l'augment de CO₂ a l'atmosfera, el qual ha provocat que se'n dissolgui una quantitat més gran en mars i oceans i que, en conseqüència, el pH de l'aigua disminueixi (és a dir, que tinguin més acidesa). Es preveu que aquest procés sigui més significatiu els anys vinents.

El consens científic indica que l'acidificació afectarà negativament la disponibilitat de carbonat càlcic i, per tant, perjudicarà el creixement d'espècies que tenen esquelet o closca format per aquest compost —com les algues coral·linals, els mol·luscs (musclos, cloïsses, caragols), els crustacis (llagostes, crancs) i molts corals.

La Mediterrània és una mar amb tendència a l'oligotròfia, és a dir, a una concentració baixa de nutrients. El canvi climàtic allargarà, previsiblement, el període en què hi ha més empobriment de nutrients, que va des de final de la primavera fins a principi de la tardor.

Tot i això, la presència de nutrients pot tenir més a veure amb les accions humanes que no pas pròpiament amb l'escalfament planetari. L'aprofitament intensiu dels rius ha fet decreixer el cabal d'aigua que arriba a la mar i, per tant, la quantitat de nutrients que hi van a parar.

D'altra banda, els productes més ecològics —com els detergents sense fosfats— o les normatives que limiten l'ús de certs productes com els adobs sintètics i els purins han fet disminuir, respectivament, la quantitat de fòsfor i nitrogen que arriba a la mar.

El resultat d'aquestes accions és que en els darrers vint-i-cinc anys no s'ha detectat cap tendència, ni a l'alça ni a la baixa, de la concentració de nitrats, amoni i silicat a les aigües marines, mentre que sí que s'ha observat una disminució de la de fosfats.

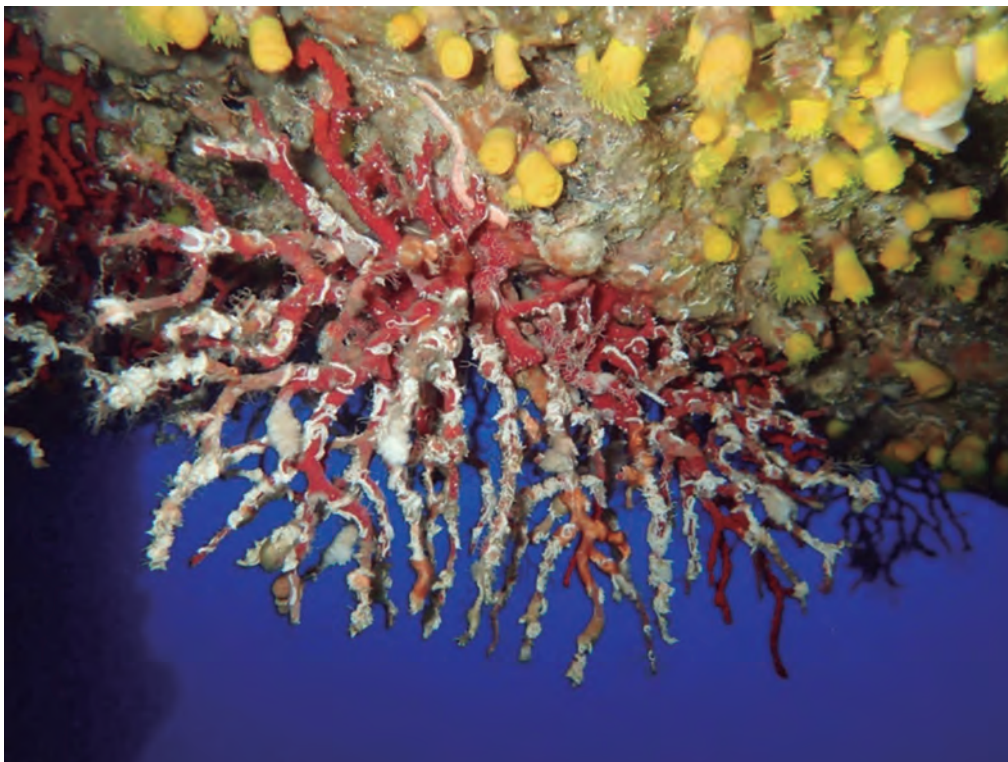
El coral·ligen i la posidònia, dues comunitats en perill

Tots aquests canvis progressius, acompanyats per episodis puntuals de sobreescalfament a l'estiu o per un augment de les tempestes de tardor, tenen efectes en els ecosistemes marins. Una de les comunitats més afectades és el coral·ligen dels fons litorals, una comunitat exclusiva de la Mediterrània constituïda principalment per certs tipus d'algues calcàries incrustants. S'hi han identificat fins a 1.666 espècies diferents, tot i que aquesta xifra es considera conservadora. Això indica clarament el valor que té com a reserva de biodiversitat.

La comunitat de coral·ligen rep els impactes de la pesca de ròssec, l'ancoratge d'embarcacions, el «trepig», la contaminació i la proliferació d'espècies exòtiques. No obstant això, l'impacte més gran el produeix el canvi climàtic: els episodis d'escalfament de les aigües superficials i subsuperficials es perllonguen fins a la tardor, cosa que interfereix en processos naturals com la barreja vertical de les aigües i acaba provocant episodis de mortaldats massives, en general d'espècies d'invertebrats suspensívors, dels quals els costa molt recuperar-se.

D'altra banda, la posidònia (*Posidonia oceanica*), una fanerògama marina endèmica de la Mediterrània, és sensible a les variacions de la temperatura i del nivell del mar. Les praderies que forma retenen matèria orgànica, cosa que permet que alguns organismes més propis de fons durs s'hi instal·lin. També serveixen de refugi i àrea de cria a peixos i altres animals, estableixen els sediments i protegeixen el litoral, a més de ser un gran embornal de carboni, com s'ha apuntat a la primera part d'aquest resum.

Tanmateix, les praderies de posidònia es troben entre les comunitats marines més amenaçades per les activitats humanes i, en especial, per la modificació de les aportacions sedimentàries des del continent, que poden colgar o descalçar l'alguer. Són



Colònia de corall vermell (*Corallium rubrum*) afectada per necrosi associada a un episodi d'escalfament de la temperatura. El teixit, una vegada s'ha degradat, deixa al descobert els esquelets calcaris que són colonitzats per espècies oportunistes.

Font: Generalitat de Catalunya.



Vista general d'un herbassar de fanerògames marines constituït per posidònia (*Posidonia oceanica*), espècie endèmica de la Mediterrània.

Font: Generalitat de Catalunya.

molt sensibles a l'augment de la temperatura de l'aigua i a l'acidificació provocats pel canvi climàtic, i també es veuran perjudicades per l'increment del nivell del mar, un factor que pot reduir la quantitat de llum que els arribi.

Tot això porta a un pronòstic molt pessimista: cap al 2049 (deu anys amunt, deu anys avall) els alguers de posidònia a la costa catalana poden estar funcionalment extingits (l'estadi en el qual la densitat dels feixos foliars baixa per sota del 10 % de l'actual).

Algues, musclos, sardines i seitons

Les alteracions d'espècies són especialment significatives en el cas de les algues, els invertebrats i els peixos. Pel que fa a les primeres, presenten una diversitat tan elevada que es fa difícil preveure si es veuran afavorides o perjudicades pel canvi climàtic.

En el cas dels invertebrats, cal destacar l'elevada vulnerabilitat de les gorgònies i altres espècies sèssils. L'augment de temperatura de l'aigua podria incrementar la recurrència dels episodis de calor, fet que perjudicaria la cria de musclos al delta de l'Ebre (l'any 2015 ja es va produir un episodi que va posar fi a tota la cria de musclo a la badia dels Alfacs i a una part de la que hi havia a la punta del Fangar).

L'escalfament de les aigües també afavorirà la proliferació d'espècies exòtiques, com ara les lessepsianes, que arriben a la Mediterrània procedents de la mar Roja, a través del canal de Suez. Finalment, també n'hi pot haver d'introduïdes accidentalment amb aigües de llast o per activitats d'aqüicultura.

En el cas dels peixos no és fàcil discernir els efectes del canvi climàtic dels provocats per accions humanes directes, com ara la sobreexplotació pesquera. A l'ecosistema pelàgic, els models projecten un increment de la producció primària bruta del fitoplàncton que no es veu reflectit en un augment de la productivitat planctònica neta perquè la respiració també creix.

El que sí que s'observa és un desplaçament cap al nord d'espècies habituals del litoral català, tant les sèssils —les que viuen unides a un substrat— com les vàgils —les que es poden moure. L'augment de temperatura de les nostres aigües porta aquestes espècies a buscar aigües menys càlides. En canvi, com ja s'ha comprovat, espècies termòfiles vingudes del sud es poden establir progressivament a la nostra costa.



Vaixell d'encerclament remolcant el bot de llums i tornant a port amb peix blau (sardina i seitó) després d'una nit de pesca.

Font: Generalitat de Catalunya.

Hi ha correlacions entre els peixos i el clima que no es deuen a l'escalfament progressiu del planeta, sinó a fenòmens recurrents com l'oscil·lació de la Mediterrània occidental (WeMO). Els períodes amb valors positius de WeMO s'associen amb baixes temperatures del medi marí, altes descàrregues dels rius i forta barreja vertical de la columna d'aigua, i coincideixen amb un augment de les captures de peixos pelàgics petits, com la sardina (*Sardina pilchardus*) i el seitó (*Engraulis encrasicolus*).

Cal tenir present que el valor comercial de les captures conjuntes d'aquests petits pelàgics podria minvar, a conseqüència de la proporció més gran de peixos termòfils, com l'alatxa (*Sardinella aurita*), en la captura final conjunta de les tres espècies.

Les afectacions en la cria de musclos o en les captures de sardines i seitons tenen conseqüències socioeconòmiques importants. Hi ha, però, altres fenòmens que també en tenen. Els hiverns suaus, la poca pluviositat i els estius càlids afavoreixen un augment en la proliferació i en la permanència d'eixams de meduses a les platges. Algunes algues microscòpiques tòxiques també es poden veure afavorides per aigües més càlides i més estratificades. Un cop més, el canvi climàtic no en serà l'única causa: la proliferació d'algues tòxiques és afavorida per unes infraestructures litorals que s'han multiplicat per quatre en l'últim mig segle (ara hi ha vora quaranta ports en 400 km de costa catalana).

Protegir la Mediterrània, fer-la més forta

La Mediterrània —que només representa el 0,82 % de la superfície i el 0,32 % del volum de tots els mars i oceans del món— té una biodiversitat molt superior i hostatja un percentatge més alt d'organismes marins del que li correspondria per les seves dimensions.

Com s'ha apuntat anteriorment, el canvi climàtic posa en risc algunes d'aquestes espècies o les comunitats de què formen part. D'altra banda, la mar regula el clima i els ecosistemes litorals protegeixen la costa. És un referent cultural i vital per a molta gent, així com una font d'activitats econòmiques i d'esbarjo. Per tot això, la protecció de la mar té una importància extraordinària.

El canvi climàtic l'afecta i, per tant, les mesures generals dirigides a reduir les concentracions de CO₂ també són essencials per a mantenir els ecosistemes marins. No obstant això, en els paràgrafs anteriors s'ha destacat que moltes de les problemàtiques que l'afecten no provenen del canvi climàtic, sinó d'activitats humanes directes.

Per això mateix, per a protegir la Mediterrània calen mesures com promoure una explotació sostenible dels recursos marins i vetllar per la preservació de la rica biodiversitat marina de la mar catalana.

També cal actuar per a reparar els ecosistemes que ja han patit afectacions, la qual cosa no solament limitarà l'impacte negatiu de les activitats humanes a la Mediterrània,

sinó que la farà més forta —o menys feble— per fer cara a l'augment de la temperatura i totes les conseqüències que se'n deriven.

2.5. Els sòls: un element viu que regula el clima i en pateix els impactes

Els sòls tenen un doble paper amb relació al canvi climàtic. D'una banda, en són un subjecte passiu, perquè les seves propietats i característiques es modifiquen, d'una manera més o menys accelerada, en funció de la resiliència i dels usos a què se sotmeten. De l'altra, actuen com a embornal i emissor de GEH, com s'ha exposat en la primera part d'aquest resum.

Es considera que el canvi climàtic afectarà tant el sòl com la dinàmica de la matèria orgànica que conté, tot i que aquests efectes encara són poc predictibles. El que sí que és cert és que els canvis d'usos del sòl poden tenir tanta incidència o més que el canvi climàtic. Paral·lelament, en cultius de secà les emissions són més petites quan s'adopta un conreu de conservació, però en sòls de regadiu són més difícils de preveure.

L'evolució del clima i els seus impactes sobre la vegetació comportarà un augment de l'aridesa i, en conseqüència, de l'erosió que es podria atenuar mitjançant pràctiques adients de conservació.

Alguns processos són molt més greus en certes regions. Així, l'erosió causada per la pluja és especialment greu als Pirineus i a la vall de l'Ebre. L'augment de l'evapotranspiració, d'altra banda, disminuirà la disponibilitat d'aigua dels sòls i n'augmentarà la salinitat. Per això, en àrees de regadiu caldrà una dotació més gran per al reg i preveure fraccions de rentatge a fi d'evitar l'acumulació de sals.

L'ascens de temperatura podria permetre desplaçar activitats agrícoles cap a zones de més altitud. Tanmateix, a Catalunya aquestes zones també tenen més risc d'erosió, perquè estan situades en zones de més pendent. Per tant, caldria implementar, amb criteris tècnics, una combinació de mesures de conreu de conservació i d'abancaments.

Les reserves mitjanes de carboni orgànic dels sòls agrícoles de la Catalunya mediterrània i semiàrida són de 100 Mg per hectàrea (fins a un metre de fondària). Les previsions indiquen que els nostres sòls experimentaran una pèrdua lenta de matèria orgànica per mineralització durant els pròxims decennis. Per a compensar-la, caldria retornar restes de collita i aplicar adobs orgànics de qualitat en la dosi adequada als sòls agrícoles, a més de millorar la gestió dels residus orgànics.

Una opció per a mitigar els efectes del canvi climàtic en el sòl és l'aplicació de biocarbó (*biochar*), la fracció sòlida que resta quan es transformen per piròlisi diferents tipus

de biomassa de residus. Es pot aplicar al sòl per segrestar carboni i per millorar-ne la fertilitat, o bé pot ser emprat com a substrat de cultiu. Per a promoure aquesta pràctica, caldria modificar els plans d'energia actuals per a incloure-hi el processat de biomassa residual, que produiria biocarbó, energia i altres productes químics.

L'aplicació adequada, en dosis i mètodes, de residus ramaders i l'eficiència en l'ús de l'aigua són dues pràctiques bàsiques tant per a reduir les emissions dels sòls com per a mantenir-ne els nivells de salinitat i no afectar-ne la qualitat.

També convindria estimar d'una manera més precisa la capacitat de segrest i el carboni emmagatzemat als sòls del país, cosa que permetria millorar els models sobre l'estimació dels reservoris de carboni orgànic a tot el territori.

Ara com ara, però, la manca d'informació, el marc legal actual i unes propostes legislatives recents insuficients no permeten avançar en la protecció del sòl ni reforçar el paper que té en la lluita contra el canvi climàtic, el qual, com ja s'ha dit en molts casos, té menys importància que els canvis d'usos del sòl i altres activitats humanes.

Protegir el sòl també és, per tant, planificar el territori d'una manera adequada i promoure les pràctiques adients a cada zona i situació.

3a PART

Sistemes

humans: impactes, vulnerabilitat, adaptació i mitigació



3.1. Canvi climàtic i seguretat alimentària

Catalunya és el primer clúster de la indústria agroalimentària d'Europa: produeix més de 7 milions de tones de productes agrícoles i més de 3,7 milions d'hectolitres de vi i oli l'any 2013. En conjunt, el sistema agroalimentari català, incloent-hi els sectors primari, secundari i terciari, significa el 20,8 % del PIB industrial català i aporta el 3,8 % del PIB del país, la qual cosa revela la importància socioeconòmica del sector.

No obstant aquesta fortalesa, també té característiques que li donen una certa vulnerabilitat davant del canvi climàtic. L'agricultura i la ramaderia ocupen un terç del territori i són sectors que poden tenir afectacions importants pel canvi climàtic.

L'autosuficiència alimentària de Catalunya avui és del 40 % i, per tant, un augment de la població i els efectes del canvi climàtic (bàsicament les disponibilitats hídriques) pot fer disminuir encara més aquest percentatge i contribuir a incrementar la dependència de l'exterior, en un escenari de futur que identifica els aliments com un punt crític mundial.

Dels conreus als ramats

Els efectes del canvi climàtic en els sistemes agroalimentaris són complexos i variats. En qualsevol cas, la incertesa sobre la producció d'aliments augmentarà.

Catalunya presenta una gran heterogeneïtat ambiental i, per tant, segons les zones de conreus —regadiu o secà (30 % i 70 %, respectivament)—, les varietats o els sistemes

de producció, els efectes del canvi climàtic seran diferents. D'altra banda, l'augment de la temperatura pot allargar els cicles de creixement d'alguns cultius i reduir-los en altres, generar problemes de floració i maduració, i afectar la qualitat organolèptica dels productes.

Els principals reptes de l'agricultura catalana amb relació al canvi climàtic són la millora de l'eficiència en l'ús de l'aigua i en la gestió de l'adobat, principalment el nitrogenat, l'ús del material vegetal més eficient i/o nou i l'agricultura de precisió, entre d'altres. També hi ha elements positius per fer cara als canvis: el segrest de carboni per part dels cultius i del sòl, el creixement de l'agricultura ecològica, cada cop més demanada, el foment de l'agricultura de conservació i una millor gestió dels residus dels cultius contribuirien a reduir i mitigar l'emissió dels GEH.

La disminució dels recursos hídrics, tant de pluja com de regadiu (rius, pantans, freàtics, aigua regenerada, etc.) té una importància especial en el cas de l'agricultura, que representa entre el 70 % i el 80 % dels recursos hídrics gestionats de Catalunya. Això la converteix en l'usuari principal, però també en un regulador clau del sistema hidrològic.

El probable descens de les precipitacions a Catalunya portaria la disponibilitat d'aigua per persona i any cap als 1.850 m³, un valor proper a l'estrès hídric segons l'Organització de les Nacions Unides per a l'Agricultura i l'Alimentació (FAO). En aquest escenari, per cobrir les necessitats de reg de l'agricultura s'haurà d'incrementar l'eficiència en l'ús de l'aigua tant en secans com en regadius. Entre altres mesures, es pot aconseguir amb sistemes de distribució i gestió impulsats per comunitats de regants i amb estratègies d'agricultura de conservació en els sòls.

L'altre aspecte clau que s'ha destacat és la gestió dels adobs nitrogenats, els quals són bàsics per a augmentar la productivitat del sòl però contribueixen al canvi climàtic amb l'emissió de GEH (especialment de N₂O). Actualment, a Catalunya s'usen en excés —tot i que les xifres exactes no es coneixen amb precisió.

Les conseqüències ambientals dels adobs nitrogenats a escala regional en alguns casos són importants i negatives. Per a millorar aquesta situació i evitar-ne de pitjors, caldria fomentar els sistemes participatius per a transferir coneixement sobre la gestió acurada dels elements nutricionals a l'agricultura i impulsar models de gestió més eficients i sostenibles.

Pel que fa a la ramaderia, l'augment de les temperatures tindrà efectes diversos en la productivitat segons les espècies. Així, les onades de calor afecten negativament la producció de llet en els remugants (la composició química de la qual, a més, varia). Els porcs i les aus tenen un interval de confort tèrmic més reduït i, per tant, una temperatura més elevada els podria afectar molt si les instal·lacions on se'ls manté no s'adapten. De fet, caldria ajustar-les a les condicions de benestar animal que estableix la Unió Europea.

Sembla clar que, per a compensar aquestes anomalies fisiològiques derivades de les condicions tèrmiques, caldrà refrigerar els animals i/o les instal·lacions on es trobin, fet que comportarà un increment en les necessitats d'aigua de qualitat del sector ramader, tot i que la despesa d'aigua d'aquest sector es troba entre el 3 % i el 5 % de tota l'aigua emprada per l'agricultura.

A la incidència de la temperatura en cada espècie, cal afegir-hi l'afectació en l'alimentació: el canvi climàtic afectarà les pastures, la disponibilitat de farratge i les matèries primeres utilitzades per la indústria del pinso. Tanmateix, la disponibilitat d'alimentació és un tema de canvi global que cal valorar amb vista a mitigar el canvi climàtic i assegurar la sostenibilitat en la disponibilitat d'aliments per al país.

Unes activitats que també potencien el canvi climàtic

Junt amb la incidència que el canvi climàtic pot tenir en aquests sectors, cal considerar l'efecte contrari, és a dir, com aquests sectors poden potenciar l'augment de temperatures. El sector ramader és responsable, a escala global, del 14,5 % de les emissions de GEH.

A Catalunya, el total d'emissions del sector agroramader l'any 2014 va ser d'uns 4,1 milions de tones de CO₂ equivalents, i prop de la meitat, el 47,5 %, van ser degudes a la gestió dels fems. Per tant, s'han de reduir aquestes emissions per a contribuir a disminuir l'impacte en el canvi climàtic.

Per a aconseguir-ho, s'ha de millorar l'eficiència de la producció, tant de carn com de llet. Es podrien emprendre diverses accions, com la millora en la selecció de la genètica animal, per exemple, a partir de la tria d'animals de cria amb més tolerància a la temperatura, més capacitat de supervivència i més resistència a les malalties.

També s'ha de buscar més eficiència en l'ús dels nutrients, perquè una millor alimentació del bestiar pot reduir la petjada de carboni. Els avenços en noves disciplines, com la nutrigenòmica i la nutrigenètica, ajudaran a adaptar aquesta alimentació a les característiques genètiques de cada espècie i fins i tot de cada individu.

Altres mesures que es poden prendre són: utilitzar additius per a reduir les emissions de metà, fer servir els avenços tecnològics per a millorar les explotacions i el benestar animal, afavorir la producció ecològica de carn, millorar la gestió dels residus ramaders i reduir l'impacte ambiental dels purins. En tot cas, no solament cal buscar la reducció de la contaminació, sinó l'obtenció d'un recurs (nutrient, energia o altres) que ens eviti haver d'extreure'ls d'altres fonts.

El futur dels peixos i de la pesca

La pesca costanera presenta una realitat i uns escenaris futurs preocupants, com ja s'ha posat de manifest quan s'analitzava l'impacte del canvi climàtic en els ecosiste-

mes marins i costaners. Hi ha projeccions que situen la disminució de les captures en un 20 % a mitjan segle.

Per afrontar aquest panorama, la Unió Europea planteja un canvi d'enfocament en la gestió de la pesca. En comptes de gestionar els estocs, es passarà a gestionar els ecosistemes, de manera que els recursos pesquers ja no es tractaran simplement com un producte que es captura, amb un repartiment de quotes basat en la demanda de cada espècie, sinó des d'una perspectiva holística.

Per tant, ja no es tractarà de mirar la quantitat de certs peixos que es pot capturar, sinó d'aplicar els coneixements i les incerteses sobre els components biòtics i abiòtics i les interaccions d'un ecosistema.

No és, però, un enfocament nou, atès que la FAO ja l'havia proposat els anys noranta, i persegueix els objectius següents: mantenir la viabilitat econòmica de la pesca, aturar la pèrdua de biodiversitat i restaurar la productivitat del medi marí. En alguns indrets del món, la disminució creixent dels estocs pesquers ha comportat la creació de zones d'exclusió de pesca i la protecció d'hàbitats com les praderies de fanerògames.

Com a corol·lari, cal incrementar el nivell del coneixement científic i la difusió en la població, perquè aquest coneixement objectiu, contrastat, transversal i holístic ha de ser la base per al desenvolupament de tecnologies que permetin assegurar el manteniment dels ecosistemes marins i la pràctica de la pesca.

El repte de l'aigua i la producció d'aliments

La manca dels recursos naturals que s'utilitzen en agricultura (bàsicament aigua i nutrients minerals), o una eficiència baixa en l'ús, pot arribar a ser un problema en el futur en una població creixent i en una societat desenvolupada. Aquesta situació de demanda creixent de productes agrícoles i d'una intensificació més gran de la producció amb l'objectiu d'obtenir més productivitat per unitat de superfície i entrada, juntament amb una política de conservació ambiental clara i decidida, genera un gran repte per a l'agricultura del segle XXI.

La nova situació climàtica a Catalunya pot comportar una davallada considerable de l'aigua utilitzable agricolament (bàsicament per la condició erràtica de les pluges) i un increment d'un 7,9 % de la demanda hídrica dels conreus.

Des d'un punt de vista agrícola, la millora en l'eficiència productiva de l'aigua ha de ser un objectiu primordial lligat a una aposta per l'eficiència que no impliqui requeriments energètics o d'alta sofisticació en la gestió. L'agronomia i el sentit comú tenen un gran paper en aquesta tasca.

Per a donar sortida a aquestes necessitats, cal promoure un sistema d'R+D+I que permeti una gestió eficient del recurs aigua en l'agricultura, que augmenti tant com



L'agricultura consumeix aproximadament el 75 % de l'aigua gestionada a Catalunya, que serveix bàsicament per a produir aliments. Exemples de reg a manta (a), reg per aspersió (b) i reg de degoteig (c).

Font: Jaume Lloveras, Jaume Camps i l'Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries, respectivament.

sigui possible l'eficiència (kilograms d'aliments produïts per metre cúbic d'aigua utilitzats) dins d'uns marges d'eficàcia i sostenibilitat de les explotacions.

També cal abordar la planificació i la gestió de l'ús de l'aigua a Catalunya d'una manera global, no sectorial (ús agrícola, urbà, etc.), i tenint en compte especialment els efectes del canvi climàtic en l'aigua a la Mediterrània.

3.2. L'energia i la indústria: dos sectors clau per a reduir les emissions de GEH

A Catalunya, la producció d'energia primària —la que s'extreu de la natura— és insignificant respecte al consum total. Per tant, el país té una elevada dependència energètica de l'exterior. En aquest context, i dins del model energètic encara hegemònic, els preus dels hidrocarburs condicionen l'economia catalana i la competitivitat de les empreses.

Un model energètic per a transformar

Cal desenvolupar noves polítiques energètiques per fer cara al canvi climàtic, encaminades tant a reduir l'ús de combustibles fòssils com a utilitzar l'energia d'una manera més eficient. La millora de l'eficiència i de l'estalvi d'energia contribuiria a mitigar la petjada de carboni i també a disminuir la dependència energètica de l'exterior i els costos econòmics i la incertesa que comporta. Això implica apostar decididament per les fonts d'energia renovables.

En el moment de redactar el TICCC, les darreres dades disponibles sobre el consum d'energia a Catalunya feien referència a l'any 2009, de manera que aquestes són les que hi consten. En aquest resum executiu, però, s'han substituït per les dades del 2014, que ja estan disponibles. El consum final (resultat de la transformació de l'energia primària menys les pèrdues causades per aquesta transformació i el transport) ha anat baixant any rere any, però més per efecte de la crisi que per canvis estructurals. Els percentatges, però, han variat poc d'un any a l'altre.

Els productes derivats del petroli representen pràcticament la meitat del consum final d'energia: el 48,4 %. Després venen l'energia elèctrica, amb el 27,2 %, el gas natural, amb el 20,8 %, les energies renovables, amb el 2,8 %, i el carbó i els residus no renovables, amb el 0,8 % restant. Per sectors, el transport és el que en consumeix més, amb el 42,3 %. La indústria en consumeix el 27,3 %; l'àmbit domèstic, el 15,1 %, els serveis, el 12,2 %, i el sector primari, el 3,1 %.

En el cas de Catalunya, l'energia és responsable de més del 75 % dels GEH. Aquesta dada obliga a repensar el mix energètic, en el qual les energies renovables han de guanyar protagonisme, a apostar clarament per l'eficiència en l'ús de l'energia i a considerar la mobilitat per reduir la dependència dels combustibles fòssils.



L'energia eòlica es basa en l'aprofitament de l'energia cinètica del vent per a convertir-la en energia elèctrica o mecànica.

Font: Institut Català d'Energia, Generalitat de Catalunya.

Pel que fa a l'energia nuclear, encara contribueix en bona part a la producció de l'electricitat que es consumeix a Catalunya. Si no s'adopten mesures molt dràstiques i difícils de portar a terme, quan s'acabi el cycle de vida de quaranta anys, fet que s'esdevindrà poc després de l'any 2020, encara no es podran substituir per energies renovables.

Per això, cal iniciar amb temps suficient un debat com més ampli millor per a decidir què cal fer quan aquestes centrals nuclears arribin als quaranta anys de funcionament. Caldrà considerar tant els avantatges com els inconvenients.

Entre els primers se sol destacar que aquest tipus d'energia no emet GEH. Cal matisar, però, aquesta afirmació: les centrals produeixen emissions mentre es construeixen, i també cal comptar les que es generen quan s'importa un combustible de què Catalunya no disposa.

Considerant el cycle de vida, un cop en funcionament una central nuclear triga uns quants anys a compensar els GEH emesos durant la construcció. Quant als inconvenients, destaquen el tractament dels residus, la possible perillositat i els costos, difícils d'avaluar, del tancament definitiu.

A continuació, caldrà prendre les decisions pertinents d'una manera ferma, siguin les que siguin. En el TICCC es considera que no és prudent allargar-los la vida de

pocs anys en pocs anys com s'ha fet amb alguna altra central de la resta de l'Estat espanyol, perquè, en aquest cas, no es poden adoptar les mesures de seguretat complementàries que sí que es poden demanar si s'estableix una vida útil més llarga, que pot fer rendibles inversions importants.

Tot i això, caldrà fer un balanç rigorós de costos que no pot negligir els causats pel desmantellament o el tractament de combustible usat, a fi que les decisions no acabin tenint una repercussió elevada en el cost de l'energia produïda o en processos que pot acabar havent d'assumir l'Estat.

Es disposa de dades de les emissions totals (de les sotmeses a directiva i de les difuses) de GEH per a Catalunya (excepte un percentatge negligible). L'any 2012, el darrer del segon període definit pel Protocol de Kyoto, el processament de l'energia, que comprèn les emissions causades per les activitats de combustió dels sectors energètic, industrial, transport, residencial i serveis i les emissions fugitives dels combustibles, va representar el 75,7 % de les emissions totals.

Els processos industrials (sense les emissions energètiques i de combustió) en van representar el 8,3 %; l'agricultura, el 9,5 %; el tractament i l'eliminació de residus, el 6 %, i l'ús de dissolvents i altres productes, el 0,5 %. Dins de les emissions energètiques o de combustió, el transport hi va contribuir amb el 36,8 %; les indústries manufactureres i de la construcció, amb el 25,2 %; les indústries del sector energètic, amb el 20,2 %; els sectors residencial i de serveis; amb el 17,7 %, i les emissions fugitives de combustibles, amb el 0,1 %.

A partir del 2013 es va iniciar un període en el qual ja no hi ha cessió gratuïta de drets d'emissió per a tots els sectors. Es disposa de les dades de les emissions controlades per directiva (aproximadament el 34 % de les totals) i, tot i que els valors són inferiors als del 2012, són clarament superiors als assignats, amb el consegüent cost d'adquisició de drets d'emissió.

El nou plantejament europeu sobre l'energia

La Unió Europea ha establert directives concretes per als sectors residencial i de serveis, per als quals es demanen mesures d'eficiència energètica. En sectors pròpiament energètics, com el de la generació elèctrica, els darrers anys la tendència ha estat una disminució de les emissions.

La Unió Europea sempre s'ha mostrat ambiciosa en els plans per fer cara al canvi climàtic —si més no, sobre el paper. El paquet legislatiu d'energia i clima de la Unió Europea va establir els objectius 20/20/20: és a dir, un 20 % de reducció de les emissions a Europa respecte del 1990, un 20 % de participació de les energies renovables en el mix energètic europeu i un 20 % d'estalvi en el consum d'energia primària. Per a assolir aquests objectius, es va dotar de la Directiva d'eficiència energètica.



La conversió fotovoltaica es basa en l'efecte fotoelèctric, és a dir, en la transformació directa de l'energia lumínica que prové del Sol en energia elèctrica.

Font: Institut Català d'Energia, Generalitat de Catalunya.

Per al 2030, la Unió Europea ha establert uns objectius més ambiciosos: un mínim del 40 % de reducció de les emissions de GEH respecte del 1990, un 27 % de participació de les energies renovables en el mix energètic i un 27 % com a objectiu d'eficiència energètica.

També és ambiciosa la proposta de la Comissió Europea, aprovada pel Consell a final del 2013, amb l'objectiu últim d'aconseguir, per a l'any 2050, una reducció del 80 % al 95 % de les emissions de GEH respecte del 1990. Com destaquen diversos estudis, un escenari com aquest obliga a anar molt més enllà del sistema de producció i de l'ús energètic actual.

Es planteja avançar cap a una unió energètica, amb una política climàtica ambiciosa que ofereixi als consumidors una energia segura, sostenible, competitiva i accessible. Els ciutadans, en el sistema energètic del futur, són actors principals i responsables de la transició energètica, i han de tenir capacitat d'elecció i poder per a gestionar la demanda com avui es fa des de l'oferta.

Aquest nou model no és una aposta ideològica, sinó una necessitat urgent si tenim en compte que la Unió Europea importa el 53 % de l'energia amb un cost que, en funció dels preus dels hidrocarburs, ha arribat a superar els mil milions d'euros diaris.

Diferents documents europeus estableixen les dimensions de la transició energètica: seguretat, solidaritat i confiança en l'àmbit de l'energia, un mercat europeu integrat, una

moderació de la demanda a conseqüència de l'eficiència energètica, una economia lliure de carboni i una aposta decidida per la recerca, la innovació i la competitivitat.

Pel que fa a Catalunya, que té limitacions en les competències i que ha d'emmarcar les iniciatives en les mesures estatals, l'instrument central és el Pla d'Energia i Canvi Climàtic de Catalunya 2012-2020, l'objectiu principal del qual és assolir l'escenari que la Unió Europea planteja per al 2020. Cal assenyalar que Catalunya està lluny de complir aquest objectiu pel que fa a les energies renovables i que, per això, a partir d'ara l'esforç ha de ser molt important.

La transició de la indústria

A Catalunya, la indústria genera el 25 % de les emissions globals de GEH. El processament de materials per a ser transformats en productes, el sector químic i d'adobs, la indústria paperera i el processament d'aliments en són els contribuïdors principals.

El 76 % de les emissions de la indústria manufacturera catalana estan associades a l'ús energètic, segons dades del 2012. Si les comparem amb les emissions del 2005, veurem que es va aconseguir una reducció de gairebé el 40 %, encara que s'han de tenir en compte els efectes de la crisi econòmica. El 24 % restant són emissions relacionades amb processos sense combustió, principalment de descarbonatació.

De fet, el 90 % de les emissions directes de GEH de la indústria catalana tenen l'origen en l'ús de combustibles fòssils per a calderes i cogeneració i en la indústria del ciment. En aquesta darrera, cal assenyalar que el procés, amb la calcinació de carbonat càlcic, allibera, d'una manera inevitable, CO₂.

Pel que fa a les polítiques de mitigació en el sector industrial, el Govern de la Generalitat ha impulsat, a més de la Llei de canvi climàtic (aprovada pel Parlament de Catalunya el 27 de juliol de 2017), el Programa d'Acords Voluntaris i diverses mesures de foment de l'economia verda. Amb aquests acords voluntaris, diverses empreses i fins i tot establiments han establert mesures, en alguns casos molt senzilles i amb una inversió mínima o sense cap cost, per a reduir les emissions, al mateix temps que aconseguen un estalvi energètic i econòmic.

En definitiva, la indústria catalana, encara que amb diferències segons els sectors, ha fet passos notables per a adaptar-se al canvi climàtic, tot i que encara hi ha molt marge per a la millora i la innovació.

Un dels reptes de la indústria catalana, a part de l'eficiència energètica, és l'eficiència en els materials que utilitza, cosa que té a veure amb la reducció de les pèrdues de rendiment en la producció i amb la reutilització. Disminuir l'ús de carbó i petroli i incrementar el de gas i les xarxes instal·lades als centres productius reduiria les emissions.

Finalment, i molt especialment, el disseny dels productes hi té una incidència molt important. L'anàlisi del cicle de vida, que inclou tot el procés en els costos ambientals,



FIGURA 14. Canvis que adopta la indústria del segle XXI per a aconseguir més eficiència, més reciclatge i menys emissions de GEH.

Font: Composició elaborada per Jaume Josa.

des de l'obtenció de les matèries primeres i la fabricació fins a l'ús i el final de la vida útil del producte, pot ser clau per a mitigar el canvi climàtic.

Tots aquests reptes són especialment importants en els sectors que contribueixen més al valor afegit brut de l'economia catalana: les indústries de productes alimentaris i de fabricació de begudes, les empreses químiques i farmacèutiques, i els fabricants de vehicles de motor. La figura 14 mostra alguns d'aquests canvis que han de contribuir a augmentar l'eficiència i el reciclatge, i a disminuir les emissions de GEH.

3.3. La mobilitat: una qüestió d'hàbits i planificació

La nova realitat climàtica obliga a repensar els models de transport de persones i mercaderies per tal d'afavorir energies més netes per a la propulsió dels vehicles i reduir la mobilitat (la distància recorreguda pels vehicles).

La incidència del transport en el canvi climàtic, però, també té a veure amb la planificació territorial. Un model dispers comporta més desplaçaments. Si el transport públic no ofereix una alternativa fiable i atractiva —amb un cost de temps i diners semblant o excepcionalment inferior—, l'opció del vehicle privat és difícil d'abandonar.

El transport, en conjunt, sigui per terra, mar o aire, de persones o de mercaderies, és un sector molt sensible als cicles econòmics. Per tant, la crisi, més enllà de les greus conseqüències socioeconòmiques, ha portat bones notícies des d'una perspectiva ambiental. El nombre de viatges en infraestructures lineals i els moviments de vehicles a ports, aeroports i estacions ha disminuït i, en conseqüència, també s'han reduït les emissions. En el sector aerí, els efectes conjunturals s'han notat menys.

L'impacte ambiental d'aquest sector es concentra a les ciutats i a les àrees metropolitanes, on viu el 70 % de la població europea. Pel que fa a Catalunya, observem diferències molt clares entre els trenta-sis municipis que conformen l'Àrea Metropolitana de Barcelona —el 2 % del territori, però amb el 43 % de la població— i la resta del territori.

La major part dels desplaçaments i, per tant, el gruix de les emissions i dels contaminants locals es concentren a l'àrea de Barcelona, de manera que bona part dels municipis disposen de plans de protecció especial de l'ambient atmosfèric.

La Directiva 2008/50 del Parlament Europeu i del Consell, del 21 de maig, relativa a la qualitat de l'aire ambient i a una atmosfera més neta a Europa, posa especial atenció en el sector del transport i ha estat clau per a impulsar plans de millora de la qualitat de l'aire, tot i que molts municipis tenen dificultats per a assolir els objectius establerts: per exemple, el Pla de Mobilitat Urbana de Barcelona preveu una reducció del trànsit del 21 % per al 2018, però les evidències indiquen que no solament no es reduirà, sinó que, ja en etapa de recuperació econòmica, el trànsit augmenta en un 5 %.

Aquests plans s'orienten a la reducció dels contaminants locals, però tenen un efecte global sobre els GEH. Les mesures s'adrecen a promoure la mobilitat activa (caminar i anar en bicicleta), el transport públic, els vehicles elèctrics i els que tenen etiquetatge ambiental, la certificació que es dona als vehicles que tenen unes emissions per sota de cert valor.

També es busca la millora del parc automobilístic, perquè uns vehicles massa envellits —a causa de la crisi, que n'ha dificultat la renovació— tenen un consum més elevat i contaminen més, malgrat que es poden fer servir menys.

Pel que fa al transport de mercaderies, els camions que recorren rutes de llarga distància han reduït les emissions en els dos darrers decennis. En el transvasament de mercaderies de la carretera al ferrocarril encara hi ha molt camí per recórrer, perquè el percentatge de mercaderies que es transporten en tren encara és molt baix amb relació a altres països europeus.

La millora de les infraestructures ferroviàries i les connexions amb altres sistemes de transport, com els ports, junt amb els centres logístics d'intercanvi, semblen essencials per a assolir-ho.

Als ports de Barcelona i de Tarragona també s'han reduït els moviments tant de mercaderies com de passatgers. El repte dels vaixells que per la grandària requereixen grans motors de propulsió és reduir l'impacte de les emissions locals a través de la substitució dels motors dièsel per altres de menys contaminants.

La crisi econòmica ha comportat una reducció del nombre de moviments de les aeronaus a Catalunya des del 2008. El nombre de passatgers, en canvi, ha crescut, i el transport de mercaderies s'ha mantingut estable. Pel que fa a l'impacte ambiental del sector aeronàutic, la indústria ha fet una notable aposta per la innovació, i empreses com Boeing o Airbus aposten clarament per l'eficiència energètica dels avions.

La mitigació de l'impacte del sector del transport en l'escalfament global, que és molt significatiu, implica, d'una banda, mesures polítiques impopulars. Limitar l'ús del vehicle propi o l'accés a determinades zones urbanes —cosa que també s'impulsa per reduir els contaminants responsables de la mala qualitat de l'aire— sol comportar queixes de molts ciutadans, que ho veuen com un perjudici per a l'accessibilitat, del sector del taxi, de la distribució urbana de mercaderies i del transport de turistes i altres serveis.

D'altra banda, també requereix apostar per la recerca de tecnologies i vehicles de nova generació, la qual cosa hauria de comportar, com ha passat a Alemanya, una planificació que no es limités, per exemple, a establir més punts de càrrega de vehicles elèctrics, sinó que impliqués la indústria, els serveis, les universitats i centres de recerca, l'ensenyament i la formació professional. Només així es pot assolir una certa competitivitat en aquest sector.

Dur a terme el transvasament a mitjans de transport de més capacitat i que generin menys emissions vol dir impulsar mesures coercitives que comportin un ús més petit del vehicle privat. Aquesta aposta política té un preu polític i econòmic, i també moltes resistències de la indústria de l'automòbil, però sembla imprescindible des del punt de vista ambiental en general i, sobretot, pel que fa al canvi climàtic.

3.4. El turisme: a la recerca de nous models

Els darrers anys s'ha despertat l'interès de la comunitat científica pels efectes del canvi climàtic en el turisme. Les institucions i el mateix sector han contribuït a l'impuls de la recerca sobre les relacions entre turisme, adaptació i mitigació, tant en forma de publicacions periòdiques com en forma de monografies específiques.

A Catalunya, el turisme és un motor econòmic d'una gran importància: l'any 2014 hi havia 6.200 establiments, amb 760.000 places turístiques, i es van produir més de 71,9 milions de pernотacions. La importància estratègica d'aquesta activitat, però també la seva vulnerabilitat al canvi climàtic, obliguen a millorar i a repensar algunes pràctiques del sector, i és necessari establir una diferenciació clara entre el turisme de sol i platja i el turisme de neu.

El turisme de sol i platja, una oferta competitiva basada en recursos fràgils

La tendència regressiva de les platges i l'escassetat de recursos hídrics són els escenaris a què ha de fer cara el turisme de sol i platja. Les condicions geogràfiques i urbanístiques influeixen en la tendència més o menys regressiva de les platges. En aquest sentit, els estudis duts a terme a Catalunya mostren que les zones més afectades se situen al sud dels ports esportius, que dificulten la transferència de sediments. En canvi, a llevant dels ports, quan no impedeixen l'arribada de sediments, trobem platges que s'engrandeixen.

La disminució continuada del recurs platja i l'augment de l'oferta turística poden fer perillar, a mitjà termini, la satisfacció del turista. Aquesta evidència obliga molts municipis costaners a repensar el model urbanístic i turístic i a impulsar, per mitjà d'algun ens supramunicipal, una gestió integrada per al conjunt del litoral català. En qualsevol cas, l'oferta del nostre litoral és molt competitiva pel que fa al confort climàtic i té potencial per a ampliar la demanda més enllà de l'estiu, a causa de l'augment termomètric. Contràriament, l'augment de les temperatures mínimes compromet, cada vegada més, el confort tèrmic durant les nits d'estiu.

L'altra cara de la moneda són els recursos hídrics. La reducció de les precipitacions a Catalunya que els models climàtics anticipen, encara que amb incerteses, implicarà una disminució de les principals fonts d'abastament d'aigua del litoral. I si augmenta



La pressió de residents i turistes i la pèrdua de sorra a les platges obertes fan perillar la confortabilitat i la competitivitat de les platges catalanes (platja de s'Abanell, a Blanes).

Font: Projecte Playa+.

la temperatura, també ho farà la demanda d'aigua, tant directa com indirecta. Aquest fet pot provocar tensions i conflictes entre el sector turístic i altres usuaris.

El turisme d'hivern, la necessitat d'un replantejament

El turisme de neu és més vulnerable al canvi climàtic que el turisme de sol i platja. La viabilitat natural i tècnica de les estacions d'esquí dels Pirineus presenta molts interrogants. Les estacions existents es veurien més o menys afectades, i algunes fins i tot abocades a la desaparició en les condicions climàtiques actuals.

En general, és plausible que la cota de neu pugi. En qualsevol cas, s'anticipa una redistribució i una concentració territorial en menys estacions, i la de Baqueira-Beret és la que en sortiria més beneficiada.

Davant de la manca de neu, moltes estacions n'han impulsat la fabricació amb canons, cosa que té uns costos econòmics, energètics i ambientals elevats. Però si cal reduir la despesa energètica i, a més, es disposa de menys aigua, produir neu artificial pot acabar tenint un cost desorbitat. La instal·lació de canons de neu és una pràctica que solament és viable tècnicament davant d'increments de temperatura inferiors als 2 °C; amb increments superiors aquesta tècnica és inviable.



Excursió en bicicleta pels boscos de Sant Joan de l'Erm (Alt Urgell).

Font: Generalitat de Catalunya.

Una alternativa seria la desestacionalització i la diversificació turística, a fi de convertir les estacions d'esquí en estacions de muntanya. Això implicaria fomentar les activitats no hivernals —com algunes estacions ja fan— i limitar l'oferta de les activitats relacionades amb la neu.

Tanmateix, no només té reptes el turisme hivernal. Tots els sectors turístics haurien de prendre més mesures per a augmentar l'estalvi i millorar l'eficiència energètica. També haurien de promoure un tipus de turisme sostenible i amb més certificacions ambientals.

3.5. Els residus: de problema a recurs

La identificació dels residus com un recurs valuós pot ajudar a reduir el consum de recursos i, en conseqüència, els diferents impactes ambientals, entre els quals l'escalfament global del planeta generat per les emissions de GEH.

La disminució en la generació de residus a Catalunya s'evidencia a partir de l'any 2007, especialment en residus industrials i runes. Pel que fa als residus sòlids municipals, entre el 2011 i el 2013 s'ha passat d'1,47 kg residus/persona/dia a 1,30 kg residus/persona/dia (vegeu la taula 3). És probable, però, que hi hagi influït la crisi econòmica.

Els residus d'origen ramader —sobretot els purins de porc— s'han vist afectats pel tancament de les plantes de cogeneració i tractament de purins, fruit d'una política

que donava un pes excessiu al benefici de la producció d'energia respecte de la gestió del residu. L'any 2015, el Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural de la Generalitat va impulsar un canvi de model en la gestió dels purins per part de les explotacions.

TAULA 3. Els residus a Catalunya durant els anys 2000, 2007 i 2013

	Any 2000	Any 2007	Any 2013
Industrials (Mt)*	5,6	5,4	3,6
Municipals (Mt)	3,5	4,3	3,6
Runes (Mt)	5,5	10,7	2,3
Població (nombre d'habitants)	6.090.040	7.210.508	7.553.650

* No inclou secundaris.

Font: Tercer informe sobre el canvi climàtic a Catalunya, 2016.

La gestió i el tractament dels residus municipals generen, directament i indirectament, emissions de GEH. Les directes són causades per la degradació biològica i per la combustió dels residus i es generen en les mateixes operacions de gestió de residus, mentre que les indirectes es produeixen fora de les operacions de gestió (per exemple, les emissions de la generació d'electricitat consumida).

Per a comptabilitzar les emissions de GEH, l'Agència de Residus de Catalunya (ARC) utilitza, des de l'any 2011, l'eina Carbon Footprint Tool for Waste Management.

L'enfocament metodològic seguit considera les emissions futures dels dipòsits controlats associades als residus generats en el present, de manera que no coincideix plenament amb l'enfocament utilitzat en els inventaris nacionals d'emissions, elaborats seguint les metodologies de l'IPCC. Alhora, aquests darrers només inclouen les emissions del procés, no inclouen les plantes de valorització energètica dins del capítol dels residus —les inclouen dins del capítol de l'energia, excepte la incineració sense recuperació energètica—, no consideren emissions evitades gràcies a la recuperació material i energètica i, finalment, no inclouen el transport de residus dins del capítol dels residus —l'inclouen dins del capítol general sobre el transport.

Aplicant la metodologia de l'ARC, les emissions generades pels residus municipals a Catalunya l'any 2013 són 1.440.861 t CO₂ equiv. Per contra, les emissions evitades, procedents de la valorització material i energètica, ascendeixen a -730.369 t CO₂ equiv. A partir d'aquestes xifres, la petjada de carboni per habitant se situaria en 94 kg CO₂ equiv./hab. per al 2013.

Els dipòsits controlats, que emeten grans quantitats de metà, malgrat la captació de biogàs, són els que contribueixen més a les emissions. El transport interurbà de residus hi té una contribució petita, de l'1 % —no s'ha considerat el transport urbà

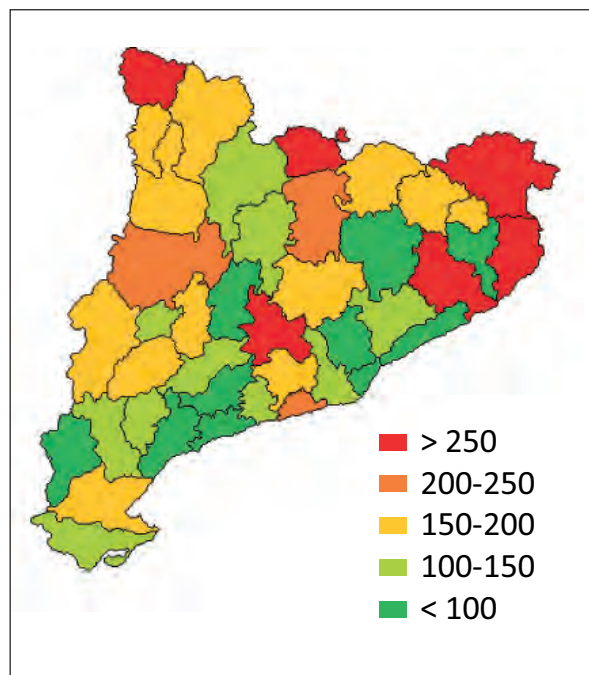


FIGURA 15. Petjada de carboni (emissions generades i evitades) de la gestió de residus municipals de les comarques de Catalunya el 2013.

Font: Tercer informe sobre el canvi climàtic a Catalunya, 2016.

una petjada de carboni entre 38 kg CO₂ equiv./hab. i 296 kg CO₂ equiv./hab. A escala comarcal, les zones amb més dependència dels dipòsits controlats tenen petjades de carboni més elevades, mentre que les comarques amb índexs més bons de recollida selectiva presenten petjades de carboni per habitant més baixes. La figura 15 mostra les dades per comarca.

Reduir el consum de recursos és un dels objectius principals, tant per l'aspecte ambiental com per l'econòmic. Una manera eficient de reduir-los és considerar el residu com un recurs valuós; és a dir, fomentar el reciclatge i la reutilització en comptes de veure el residu com una nosa que cal eliminar o amagar. Reciclar comporta recuperar materials i evitar que siguin gestionats per mitjà d'un tractament finalista, com ara l'abocador o la incineració, que són emissors nets de GEH. La figura 16 mostra el pes total dels residus de paper, de plàstic i d'alumini municipals i industrials recollits selectivament l'any 2013 a Catalunya.

Per a facilitar el reciclatge, un aspecte clau és l'ecodisseny, que implica tant l'ús més eficient de materials en la producció com la planificació perquè, un cop acabada la vida útil, els materials es puguin separar i reutilitzar o reciclar d'una manera senzilla. També és important utilitzar metodologies com l'anàlisi del cicle de vida, que avalua tant les emissions generades en el reciclatge —que també en produeix— com les evitades per l'ús de materials que no siguin verges.

durant la recollida ni el transport dels residus secundaris. D'altra banda, la recollida selectiva contribueix a reduir la petjada de carboni del sector.

L'aprofitament del biogàs és un element clau per a reduir les emissions, tant si es fa servir com una font d'energia d'alta eficiència que substitueixi el gas natural com si es recupera en plantes de digestió anaeròbica i abocadors. Una millor gestió de la fracció orgànica dels residus municipals, en el sistema de recollida, en el tipus de transport i en la dimensió de les instal·lacions, també pot contribuir a reduir les emissions.

A escala local, el 2013 el 80 % dels municipis catalans tenien

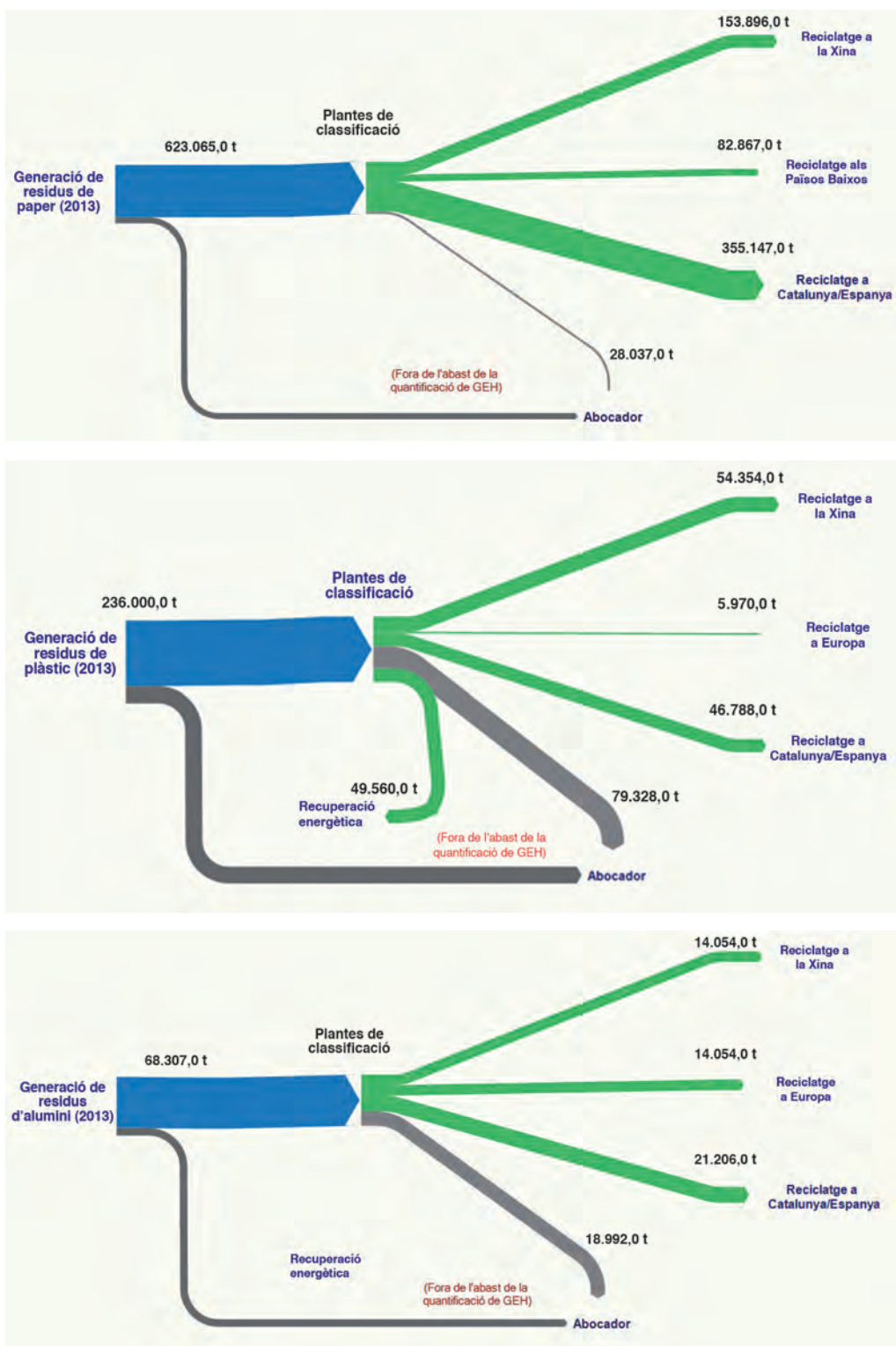


FIGURA 16. Flux dels residus municipals i industrials de paper, de plàstic i d'alumini, respectivament, recollits de manera selectiva a Catalunya durant l'any 2013.

Font: Tercer informe sobre el canvi climàtic a Catalunya, 2016

Finalment, cal prestar atenció al cicle de l'aigua. Aquest recurs s'extreu, es transporta, es reparteix, s'utilitza, s'aboca i es depura, i aquest procés genera emissions. El càlcul de les emissions de GEH derivades del cicle de l'aigua de les xarxes urbanes a Catalunya assenyala que s'emeten 395 g CO₂ equiv./m³ d'aigua consumida. Tenint en compte el volum d'aigua consumit a Catalunya l'any 2013 (gairebé 560 milions de metres cúbics), parlem d'unes emissions de 220.639 t CO₂ equiv./any o 29 kg CO₂ equiv./hab. any).

Una manera de reduir aquestes emissions, i també el consum elèctric, seria millorar la gestió integrada de les aigües residuals, de les plantes potabilitzadores i dels sistemes de distribució d'aigua per al consum humà.

3.6. El canvi climàtic afecta la salut

Les onades de calor i de fred, la contaminació atmosfèrica, els incendis forestals, les al·lèrgies, les malalties transmiseses per vectors com els mosquits, entre altres fenòmens que poden estar associats al canvi climàtic, incideixen en la salut humana. Els efectes varien notablement segons les poblacions i els territoris que s'analitzen, però a escala global hi ha consens a considerar el canvi climàtic com l'amenaça més gran per a la salut.

Els factors individuals i socials i el tipus d'activitat professional determinen un grau més alt o més baix de vulnerabilitat, però els efectes són universals. Pel que fa a Catalunya, els grups de població més vulnerables són la gent gran —a partir de seixanta-cinc anys i especialment si són malalts crònics—, els nadons, les dones embarassades, els malalts mentals, els col·lectius amb un nivell socioeconòmic més baix i determinades professions de risc.

Pel que fa als grups de població amb un nivell socioeconòmic baix, els quals presenten pitjors indicadors de salut, són més vulnerables al canvi climàtic perquè acostumen a tenir habitatges més antics, mal climatitzats (fet que agreuja la freqüent pobresa energètica que els afecta), i viuen en zones amb menys espais verds i blaus (aigua).

Quant als efectes de la calor en la salut, cal tenir present que les morts i els ingressos hospitalaris associats a les temperatures altes són deguts, principalment, a les malalties cardiovasculars, les malalties respiratòries, les malalties mentals, les malalties del ronyó i la diabetis, i tenen una prevalença més elevada en la població d'edats més avançades. Diversos estudis demostren que a Catalunya, en episodis d'onades de calor, la mortalitat augmenta un 20 % entre les persones de seixanta a setanta anys i un 40 % en la franja de vuitanta a noranta anys. Pel que fa a les gestants, estudis recents relacionen el risc de naixements prematurs amb la calor.

Actualment, a Catalunya el 40 % del total de morts atribuïdes a la calor es produeixen en episodis de calor extrema que no han estat catalogats d'onades de calor, i s'estima que el 2050 les defuncions relacionades amb episodis de calor es poden multiplicar

per vuit i arribar a més de 2.500 morts anuals, encara que aquestes estimacions no consideren una possible adaptació a les temperatures més altes, que pot moderar aquest augment.

A les grans ciutats els efectes s'agreugen a conseqüència del fenomen conegut com a *illa de calor urbana*: una zona amb temperatures més elevades que les zones rurals que l'envolten. Els entorns metropolitans també són els que presenten els índexs més elevats de contaminació atmosfèrica causada pels vehicles. Les onades de calor solen coincidir amb episodis d'estancament de l'aire, que dificulten la dispersió dels contaminants i els concentren prop de la superfície, cosa que n'augmenta els efectes nocius sobre la salut.

L'exposició a les partícules en suspensió, habituals en zones urbanes on es concentra el trànsit, té una gran incidència pel que fa a les malalties respiratòries i cardiovasculars: a l'Àrea Metropolitana de Barcelona s'estima que cada any hi ha 3.500 morts prematures causades per la contaminació de l'aire.

L'ozó és un gas que, quan es troba a l'estratosfera, ens protegeix dels raigs ultraviolats del sol. No obstant això, l'ozó troposfèric, que es troba al nivell on es desenvolupa la vida, és un contaminant secundari molt perillós que s'origina a partir de la combinació de la llum solar amb els contaminants generats pel trànsit, com els òxids de nitrogen i els compostos orgànics volàtils.

Els secundaris són contaminants primaris que reaccionen amb el vapor d'aigua o amb la radiació lluminosa i generen noves substàncies. És habitual que els nivells d'aquests contaminants augmentin durant l'estiu, en situacions anticiclòniques. Si les concentracions són elevades, poden provocar un agreujament dels problemes respiratoris, dificultats en el desenvolupament cognitiu i una disminució del rendiment, acompanyada de malestar general.

També cal considerar que els vents procedents del Sàhara, que transporten grans quantitats de pols cap al sud d'Europa, afecten la qualitat de l'aire. La toxicitat de la pols del Sàhara s'agreuja quan es barreja amb altres fonts de contaminació, com les emissions industrials o els plaguicides. D'altra banda, l'augment de les temperatures té efectes directes en les plantes, que variaran la distribució i el cicle fenològic, la qual cosa provocarà un increment potencial dels atacs d'asma i les al·lèrgies.

Les evidències científiques demostren que les taxes de desenvolupament, supervivència i reproducció dels organismes de sang freda, com els mosquits, augmenten amb l'increment de la temperatura. Per tant, els canvis en la temperatura i en el patró de precipitacions també afavoriran les condicions perquè proliferin vectors com els mosquits i les paparres, transmissors de certes malalties.

Això pot comportar un augment dels casos de malària —que a Catalunya ja havia existit en altres èpoques— i de malalties que fins ara no havien estat presents al nostre territori, com el chikungunya.

Pel que fa a les mesures per a mitigar el canvi climàtic, els experts recomanen la proliferació d'espais verds a les zones més poblades. També proposen fomentar el transport públic i els desplaçaments a peu o en bicicleta, dues mesures que, a més de reduir les emissions de CO₂ i la contaminació ambiental, disminueixen l'obesitat i el sobrepès de la població, milloren la salut mental i redueixen tant els accidents de trànsit com la despesa sanitària.

3.7. Repensar el territori

L'augment de zones verdes a les àrees més poblades, que acabem d'esmentar com una mesura de salut, no deixa de ser un element més en la planificació territorial i urbana. Els darrers anys s'han desenvolupat nombroses eines i instruments per a elaborar plans d'energia, d'adaptació, de millora de la qualitat de l'aire, etc. Les eines de planificació territorial i urbanística i l'anomenada *avaluació ambiental estratègica* també hi fan una aportació i conformen una mirada innovadora sobre els espais oberts, els espais protegits i l'espai urbà.

Aquesta nova anàlisi de les capacitats i les limitacions d'un territori incorpora el concepte de *biocapacitat*, entès com la capacitat de regeneració de la natura. Per tant, els territoris amb biocapacitat alta, que preserven la diversitat i la complexitat del sistema, encaren més bé els reptes ambientals.

Aquesta aproximació varia segons el tipus de territori que observem. Pel que fa als espais oberts, és a dir, els territoris que s'han interpretat com a *sòl no urbanitzable*, tradicionalment s'han valorat des d'una perspectiva productiva.

No obstant això, entendre les zones agrícoles o forestals, els espais protegits o els paisatges simplement com a béns orgànics o passius és una visió obsoleta que avui ja és minoritària. A més, l'augment de la població urbana ha incidit en la dinàmica dels espais oberts, que han patit un empobriment dels hàbitats i ecosistemes. Considerar els espais oberts com a infraestructures verdes és la tendència internacional actual.

Pel que fa als espais protegits, preserven una part important de la biodiversitat i tenen uns nivells de pertorbació antròpica més baixos, cosa que afavoreix els cicles vitals de les espècies i la conservació dels ecosistemes. En qualsevol cas, són espais molts sensibles a les modificacions de les condicions ambientals i, per tant, és clau fer un seguiment de l'afectació de les pertorbacions climàtiques, però també cal valorar el paper important que tenen precisament per a fer cara a aquestes alteracions del clima.

En el cas de Catalunya, els espais protegits ocupen un terç del territori i tenen diferents nivells de protecció. Els espais naturals resulten claus en la mitigació i l'adaptació al canvi climàtic, fet que obliga a revisar la Llei 12/1985, del 13 de juny, d'espais naturals, a partir d'una aproximació més estratègica, més ecològica i menys naturalística —el servei per damunt de la protecció *per se*—, i amb criteris d'eficiència.

Pel que fa a l'espai urbà, s'ha gestionat i planificat sense tenir prou en compte, per exemple, el cicle de l'aigua i els residus, els paisatges o l'escassa diversitat biològica. El desenvolupament de l'ecologia urbana ha transformat la perspectiva sobre les ciutats. Destaquen dues idees: en primer lloc, que les característiques de les anelles que les rodegen condicionen els fluxos de cada ciutat i l'exterior i, en segon lloc, que les àrees urbanes també són mosaics.

Des d'una mirada ecològica, la planificació i el disseny urbà han de considerar les estructures antròpiques —infraestructures—, les zones residencials, comercials i industrials, i, molt especialment, els espais verds, els parcs urbans i periurbans, les zones d'agricultura urbana i els corredors verds, entesos com un sistema.

Entendre les ciutats a partir de totes les dimensions anteriors les fa menys vulnerables a les crisis ecològiques i també més equitatives. Al mateix temps, compleixen noves funcions, com la que destacàvem en l'apartat anterior sobre l'augment de zones verdes per a millorar la salut.

Per a reduir les emissions de GEH, aquesta visió ecològica dels espais urbans s'ha de concretar en mesures d'adaptació. Dissenyar i construir edificis amb una demanda energètica mínima n'és una, i també cal tenir-la en compte quan es fan rehabilitacions.

Atenent a la llarga vida de la major part d'edificis, un disseny inadequat pot provocar molts anys perduts en la reducció d'emissions. S'han d'establir mesures per a un ús racional de l'aigua, per a la reducció dels residus —prioritzant la reutilització i el reciclatge de materials— i per a la minimització de l'ús del vehicle privat, entre altres elements d'una planificació més sostenible.

3.8. El repte de les muntanyes

Catalunya és un país muntanyós. Segons els criteris que es fan servir al TICCC, entre el 30 % i el 50 % de la superfície de Catalunya és zona muntanyosa. Com la resta de zones de muntanya del món, la muntanya catalana viu transformacions demogràfiques, culturals, econòmiques i ecològiques importants.

L'escalfament global afecta les regions de muntanya bàsicament en dos aspectes: d'una banda, l'augment de fenòmens extrems, com esllavissades i riades, i, de l'altra, afectacions graduals de processos biofísics, com l'augment de la temperatura estiuenca.

De fet, el canvi climàtic ja s'ha expressat a les muntanyes catalanes, i molt especialment al Pirineu, on pràcticament ha desaparegut la totalitat de la neu permanent a causa de l'augment de les temperatures durant l'estiu, i s'ha constatat un escurçament de l'hivern que afecta tant les comunitats rurals com el turisme.

A les zones de muntanya, a l'impacte del canvi climàtic s'afegeixen un seguit de transformacions associades a la mundialització de l'economia: es produeixen moviments de població, tant d'emigració com d'immigració, les polítiques d'ajuda a l'agricultura de la Unió Europea influeixen en el manteniment o l'abandonament d'aquestes pràctiques i, si es produeix abandonament, una de les conseqüències més importants és l'homogeneïtzació i el creixement del paisatge forestal. Alhora, neixen i augmenten certes demandes sobre l'espai rural, com ara usos recreatius, paisatgístics, conservacionistes o culturals. Així, les economies rurals viuen un procés de terciarització que provoca un procés d'adaptació difícil de les regions de muntanya.

La identitat i la dinàmica pròpies de les zones de muntanya (els Pirineus, els ports de Beseit, el Montseny, etc.), ben diferenciades de les zones que les envolten tot i que també hi estan estretament lligades, permeten entendre-les com una unitat socio-ecològica, una regió on societat i natura conformen un sistema molt complex però molt relacionat, i on les polítiques d'adaptació tenen reptes socials, econòmics i de conservació. Tot això fa que siguin clau en les polítiques d'adaptació i mitigació del canvi climàtic.

El punt de partida per a l'adaptació és definir clarament els escenaris de futur possibles per a les zones de muntanya i els marcs mentals i les accions associades que configuren aquestes regions. A partir de diverses recerques, en el cas dels Pirineus trobem quatre marcs mentals o discursos de ruralitat: el discurs conservacionista, el discurs emprenedor, el discurs agricultor i el discurs del desenvolupament endogen.



Pastura de vaques brunes dels Pirineus, un exemple de la ramaderia extensiva de muntanya.

Font: Generalitat de Catalunya.

El primer, el conservacionista, posa el focus en els espais naturals protegits com a elements clau en la dinamització econòmica i social. L'emprenedor entén que el turisme i la construcció són els actius més sòlids de les zones de muntanya. El discurs agricultor aposta per l'agricultura i especialment per la ramaderia com a activitats generadores de béns i serveis que tenen un gran valor per a la societat. Finalment, el desenvolupament endogen, crític amb el model que mira bàsicament al turisme i a la construcció, aposta per la diversificació econòmica i per una participació activa de la població local en la presa de decisions.

A partir dels marcs mentals descrits i d'una anàlisi de diferents estratègies de desenvolupament observades a altres regions de muntanya, es proposen diferents instruments i formes de gestió per a adaptar-se a la nova realitat.

En primer lloc, hi ha la cogestió, que s'entén com la construcció de noves formes d'organització social en xarxa i horitzontals. Seria el cas de la custòdia del territori i la



La serra del Cadí, el riu Segre i el poble d'Alàs des de la Seu d'Urgell (Alt Urgell).

Font: Marisa Tartera. Arxiu del Consell Comarcal de l'Alt Urgell.

gestió adaptativa, per exemple. En segon lloc, tenim la intensificació, que se centra en l'emprenedoria i aprofita el potencial productiu de cada zona. En tercer lloc, destaca la innovació social, que també està lligada al temperament emprenedor, però que explora noves activitats, com ara nous cultius i noves professions. Finalment, queda la diversificació, que planteja una base econòmica tan àmplia com sigui possible.

En qualsevol cas, l'adaptació de les regions de muntanya catalanes, i especialment del Pirineu, al canvi climàtic implica definir el model de desenvolupament socioeconòmic tenint en compte els guanys i les pèrdues que cada acció representa per als diferents sectors.

4a PART



La governança i la gestió del canvi climàtic

4.1. Compromisos internacionals i polítiques pròpies

La caiguda del mur de Berlín, l'any 1989, va canviar el món. El procés de globalització de l'economia i el protagonisme de les economies emergents, especialment la Xina i l'Índia, han provocat, entre molts altres efectes, un augment del 51 % de les emissions energètiques mundials en el període 1990-2012.

En una economia globalitzada que afronta crisis ecològiques diverses, l'Organització de les Nacions Unides és l'únic instrument de governança a escala global. Malgrat que l'organització en la presa de decisions és millorable, ha posat en marxa les Conferències de les Parts, el principal instrument en la lluita contra el canvi climàtic.

La Conferència de Copenhaguen sobre el canvi climàtic, celebrada el 2009, va comportar una gran decepció, perquè no es van complir les altes expectatives que havia despertat. D'altra banda, però, va ser la primera ocasió en què els Estats Units i la Xina es van implicar de veritat en la lluita contra el canvi climàtic.

Les conferències posteriors van significar, cadascuna, un avenç remarcable, encara que en alguns casos semblés modest. A Durban es va tornar a recuperar la transparència i la confiança en les negociacions perduda a Copenhaguen.

A Doha s'aprovà la segona fase del Protocol de Kyoto sense la presència del Japó, Rússia i el Canadà. La de Varsòvia va significar un pas endavant en les contribucions voluntàries de cada estat. A Lima, en canvi, van tornar a aflorar les discrepàncies

entre països desenvolupats i no desenvolupats, segons els criteris oficials. Finalment, la COP21, a París, a final del 2015, va tornar a recuperar el consens i va concretar un acord signat per tots els països.

Cal afegir-hi altres avenços significatius, com l'acceptació de les entitats subestatal (*subnations*) com a concepte en els documents oficials de l'Organització de les Nacions Unides. Les gestions internacionals de l'Oficina Catalana del Canvi Climàtic, amb el suport de governs africans, van ser fonamentals perquè els documents preparatoris de la Conferència de París reconeguessin el paper clau de les autoritats subestatal i locals en la lluita contra el canvi climàtic.

De fet, avui s'accepta plenament que els acords internacionals entre els estats necessiten el complement de les entitats subestatal, el món local i la participació i implicació dels científics, els empresaris, els representants de les organitzacions no governamentals i el conjunt de la ciutadania.

Pel que fa a la política de la Unió Europea, que considera la lluita contra el canvi climàtic com una de les prioritats, disposa de diverses directives i reglaments. El programa d'energia i clima té com a objectiu per a l'any 2030 una reducció del 40 % de les emissions internes respecte del 1990. I per al 2050, també d'acord amb les emissions del 1990, planteja un objectiu ambiciós d'una reducció del 80 % al 85 %. Per assolir aquests objectius, la Unió Europea fomenta les energies renovables, la creació d'un mercat europeu de drets d'emissions, l'eficiència energètica i una reducció de les emissions en la gestió dels residus, en el transport i en els edificis.

Els estats, com és el cas d'Espanya, han impulsat plans nacionals, amb més o menys celeritat, per a adaptar les diferents directives de la Unió Europea. En el cas de Catalunya, el Govern disposa de l'Oficina Catalana del Canvi Climàtic i d'una comissió interdepartamental específica en aquesta matèria.

Els darrers anys, en el marc de l'estratègia catalana contra el canvi climàtic, s'han impulsat el Pla d'Energia i Canvi Climàtic de Catalunya 2012-2020 i l'Estratègia Catalana d'Adaptació al Canvi Climàtic, horitzó 2013-2020.

A Catalunya, el món local, per mitjà del Pacte d'Alcaldes i Alcaldesses pel Clima i l'Energia, impulsat per la Comissió Europea, i de diverses eines i xarxes de suport a la governança, té una gran implicació en la lluita contra el canvi climàtic, malgrat les limitacions competencials, econòmiques i tècniques. En qualsevol cas, l'adaptació al canvi climàtic obliga a fer un canvi en la governança a escala local.

4.2. El comerç d'emissions

Des del 2005, el fet de posar preu a les emissions de CO₂ ha significat un pas important per a reduir les emissions, especialment dels sectors industrials. En síntesi,

es tracta que els estats, les indústries i les empreses que no hagin acomplert els objectius de reducció d'emissions comprin drets a altres que els hagin superat. Així, l'objectiu global, que es va reduint cada any, es manté, però qui ha assolit el que li tocava pot rebre un benefici afegit, mentre que no complir el compromís comporta una despesa.

Tot i que el mercat d'emissions, en el sentit més ampli, es pot considerar un mecanisme d'acció global, el sistema de comerç més important i més desenvolupat fins ara és el règim europeu de comerç de drets d'emissió (EU ETS), en el qual participen tots els estats membres de la Unió Europea a més d'Islàndia, Noruega i Liechtenstein, i el qual cobreix les emissions de més de dotze mil instal·lacions industrials i de prop de vuit-cents operadors de línies aèries.

Els sectors inclosos en la Directiva de comerç de CO₂ representen prop del 45 % de les emissions de GEH d'Europa, que, d'altra banda, signifiquen prop de l'11 % de les emissions energètiques de GEH del món. Es tracta, doncs, de l'instrument central de la política de la Unió Europea per a assolir els objectius d'energia i clima per al 2020.

Pel que fa a Catalunya, el 2014 el nombre d'instal·lacions sotmeses al règim de comerç va ser de 153. En total van emetre 13,2 Mt CO₂ equiv., és a dir, 3,85 Mt CO₂ equiv. més de les assignacions rebudes gratuïtament, cosa que va representar prop del 35 % de les emissions catalanes. El sector més deficitari va ser, novament, el de la generació elèctrica.

El repte és que el mercat d'emissions esdevingui realment global i pugui trobar mecanismes per a flexibilitzar l'oferta en situacions de variació inesperada de la demanda. La creació d'un banc central de drets eficient i l'evolució dels acords signats a París marcaran el futur dels mercats de CO₂.

4.3. La recerca sobre canvi climàtic a Catalunya

L'any 2015 Catalunya tenia vuitanta-vuit grups reconeguts per la Generalitat que treballen en canvi climàtic. La recerca és molt diversa i es porta a terme principalment a set universitats, als centres CERCA (Centres de Recerca de Catalunya) i a centres del Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

La mesura i reducció dels nivells de CO₂ i l'efecte d'hivernacle són les dues temàtiques que generen més producció científica (2009-2014), seguides, a distància, per les secades, la qualitat de l'aire i l'increment del nivell del mar. Els tres articles més citats corresponen a una recerca del Centre de Canvi Climàtic de la Universitat Rovira i Virgili i a dues investigacions publicades pel Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF). En el període 2011-2014, els investigadors catalans han publicat 3.643 articles sobre temes de canvi climàtic indexats al Web of Science, dels quals 13 corresponen a la revista *Nature* i 4, a la revista *Science*.

En el període analitzat, els grups catalans han aconseguit 310 projectes europeus, 111 del sector privat, i també 3 projectes de l'European Research Council (ERC). De les convocatòries de l'Estat espanyol, des del 2010 s'han aconseguit 171 projectes del Plan Nacional.

Entre els projectes que han rebut suport europeu, concretament de l'ERC, destaca el projecte Imbalance-P, liderat pel CREAM. També resulta molt rellevant la participació de l'Institut de Recerca en Energia de Catalunya, com a líder de l'àrea d'energies renovables, en el KIC InnoEnergy de la Unió Europea, una institució que connecta actius, talent i recursos. Pel que fa als projectes europeus col·laboratius, cal subratllar el projecte Field-AC, liderat pel Laboratori d'Enginyeria Marítima de la Universitat Politècnica de Catalunya, que utilitza els satèl·lits per a controlar les zones costaneres.

El finançament és un dels grans reptes dels grups que fan recerca en canvi climàtic a Catalunya. La Generalitat fa una política de recerca complementària a les convocatòries de projectes de recerca en canvi climàtic que provenen de recursos estatals o de la Unió Europea. En el marc europeu, una de les incògnites és si el Pla Juncker aportarà finançament a la recerca i a la innovació en canvi climàtic.

El finançament dels projectes europeus duplica el dels projectes competitius espanyols. Destaca el bon paper que fan les universitats catalanes i els centres CERCA en la captació de recursos.

Pel que fa a la captació de talent, des de fa un decenni el Govern de la Generalitat ha fet una aposta estratègica en aquest camp. Les convocatòries de la Institució Catalana de Recerca i Estudis Avançats (ICREA) són el projecte estrella, i han permès que científics brillants s'estableixin a Catalunya. Hi ha disset investigadors ICREA que treballen en temes relacionats amb el canvi climàtic.

D'altra banda, l'any 2013 es va iniciar el Pla Serra Húnter, que permet incorporar professors amb un alt nivell de recerca a les universitats catalanes.

4.4. La percepció pública del canvi climàtic

Els ciutadans es mostren preocupats pels efectes del canvi climàtic, però reclamen noves maneres de rebre la informació i el coneixement científic. El relat catastrofista i de vegades sensacionalista, centrat en els riscos i els impactes, provoca una certa fatiga. L'alternativa és el desenvolupament de nous procediments i xarxes d'acció que generin un tipus de coneixement útil per a cercar solucions viables davant el repte del canvi climàtic.

Es tracta d'un objectiu essencial, perquè sense la conscienciació de la gent, amb l'objectiu que acceptin les mesures que es prenen o que en prenguin en l'àmbit personal, es fa molt difícil lluitar contra el canvi climàtic.

Una de les estratègies possibles per a superar les velles maneres de comunicar i socialitzar la informació són les anomenades *comunitats d'aprenentatge*. Els agents i les organitzacions que operen en les interfícies entre la ciència, la política i la ciutadania han de tenir protagonisme i ser reconeguts per a construir un nou relat i noves formes d'acció. La creació de comunitats d'aprenentatge es pot convertir en un catalitzador de la transformació socioambiental.

Pel que fa a la percepció del canvi climàtic, diferents investigacions mostren un augment de la complexitat a l'hora d'interpretar el fenomen. Per a uns, el canvi climàtic és una gran amenaça global; per a altres, una oportunitat econòmica per a repensar el mercat de treball i per a incrementar la qualitat de vida.

En el marc de la Unió Europea, l'opinió pública espanyola és la més convençuda que el canvi climàtic és una oportunitat per a impulsar l'economia i l'ocupació. D'altra banda, els espanyols figuren entre els més crítics amb les polítiques ambientals del seu govern i també es mostren preocupats pels efectes del canvi climàtic en la salut.

Pel que fa a la informació, Espanya és un dels països de la Unió Europea on els ciutadans se senten menys informats sobre temes ambientals i on menys confien en els mitjans de comunicació, especialment en la televisió. Les fonts que consideren més fiables són els grups ecologistes i els científics, mentre que la informació que troben menys fiable és la que ofereixen les administracions, els sindicats i les empreses.

A Catalunya, el Govern fa un seguiment de l'opinió pública sobre el canvi climàtic des del 2010. Per als catalans, la contaminació en general i la contaminació de l'aire són els fenòmens que susciten més preocupació. En tercer lloc apareix el canvi climàtic, seguit dels residus.

Els processos de transmissió del coneixement científic sobre el canvi climàtic al conjunt de la societat són complexos. Un estudi recent sobre la comunicació del *Cinquè informe d'avaluació* de l'IPCC a Espanya i Catalunya reforça la idea que cal repensar el vell model de comunicació unidireccional i centrat en els riscos, els impactes i la vulnerabilitat.

Tanmateix, els vint agents triats per a l'estudi i l'anàlisi de contingut fet a partir d'articles de premsa confirmen que el relat tradicional encara és hegemònic, i hi ha unanimitat sobre la tendència, més visible en els nous suports digitals, cap a un nou model més complex de creació de significat, obert i multidireccional.

Les noves eines permeten triar els sectors a qui es vol fer arribar un missatge determinat. Ja no calen campanyes massives, sinó enviar informacions concretes i proposades als grups en què tindran més impacte o són més necessàries. O sigui, es tracta d'establir un model orientat a segmentar les audiències i els usuaris de coneixement i que respongui als criteris de la demanda més que als de l'oferta.

4.5. Solucions complexes per a un fenomen també complex

Des d'un punt de vista polític, l'Acord de París s'ha considerat un èxit. Hi van contribuir la nombrosa assistència de líders mundials i les hàbils formes diplomàtiques franceses, amb Laurent Fabius al capdavant. En qualsevol cas, la COP21 significa un salt qualitatiu i un canvi de model de la comunitat internacional per fer cara al canvi climàtic. L'Acord va entrar en vigor el mes de novembre del 2016, després que fos ratificat per 55 parts, les emissions de les quals representen el 55 % de les totals.

Així mateix, el gran repte és validar i consolidar el canvi de model de Kyoto —*top-down*, és a dir, que estableix uns objectius que els estats han d'assumir obligatòriament— pel de París —*bottom-up*, de manera que depèn de la iniciativa dels estats i del compromís que vulguin assumir per a tirar endavant els acords.

L'Acord de París té una gran incidència en el marc jurídic de la Unió Europea i de tots els nivells de l'Administració. Europa està en procés de reforma del sistema de comerç d'emissions per a adaptar-lo als compromisos generals de reduccions acordats a la COP21. Tant l'Administració espanyola com la catalana hauran de reforçar les actuacions, actualitzar les estratègies i impulsar nous plans i programes d'execució.

A les nombroses iniciatives impulsades per la Generalitat de Catalunya els darrers anys, cal afegir la Llei de canvi climàtic de Catalunya, aprovada al Parlament de Catalunya el dia 27 de juliol de 2017 i publicada en el *Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya* l'1 d'agost de 2017.

Annex

Persones que han fet possible el TICCC

Direcció i coordinació

COMITÈ DE DIRECCIÓ

Javier Martín-Vide
Coordinador científic del *Tercer informe sobre el canvi climàtic a Catalunya* (TICCC)
i del Grup d'Experts en Canvi Climàtic de Catalunya

Oriol Puig i Godes
Director del Servei Meteorològic de Catalunya

Arnau Queralt i Bassa
Director del Consell Assessor per al Desenvolupament Sostenible de Catalunya

Joandomènec Ros i Aragonès
President de l'Institut d'Estudis Catalans

Salvador Samitier i Martí
Cap de l'Oficina Catalana del Canvi Climàtic

SECRETARIA TÈCNICA

Consell Assessor per al Desenvolupament Sostenible:

Fina Ambatlle i Espuñes
Raquel Ballesteros Arenas
Sílvia Cañellas Boltà
Mercè Garcia Botet
Meritxell Rota i Claret

Grup d'Experts en Canvi Climàtic de Catalunya:

Rosa Maria Bosch i Casadevall

Institut d'Estudis Catalans:

Rosa Franquesa i Bonet

Oficina Catalana del Canvi Climàtic:

Gabriel Borràs Calvo
Iñaki Gili Jáuregui

Servei Meteorològic de Catalunya:

Marc Prohom i Duran

Especialistes

AUTORIA

Ander Achotegui-Castells
Vicenç Acuña Salazar
Jennifer Albrand
Josep M. Alcañiz Baldellou
Vicent Altava Ortiz
Dolores Asensio Abella
José M. Baldasano Recio
Júlia Barba Miralpeix
Adrià Barbeta Margarit
Antoni Barrera Escoda
Mireia Bartrons Vilamala
Xavier Basagaña Flores
Meritxell Batalla Mercadé
Ramon J. Batalla Villanueva
Jaume Boixadera i Llobet
Carles Borrego More
Montserrat Busto Navines
Andrea Butturini
Àngels Cabello Gómez
Nuno Caiola
Josep Calbó Angrill
Eva Calvo Costa
Marta Camino
Jordi Camins Just
Mar Campins Eritja
Josep Canadell Gili
Jofre Carnicer Cols
Jordi Catalan Aguilà
Bernat Claramunt López
Jordi Corominas Dulcet
Jordi Cunillera Graño
Francisco Doblas-Reyes
Marc Estiarte Garrofé
Miquel Estrada Romeu
Gerard Farré-Armengol
Ramon Farreny Gaya
Marisol Felip i Benach
Maria Teresa Felipó Oriol
Àlvar Feliu Jofre
Marcos Fernández-Martínez
Iolanda Filella Cubells

Xavier Font Segura
Rosa Maria Fraguell Sansbelló
Inmaculada Funes Mesa
Xavier Gabarrell Durany
Francesc Gallart Gallego
Emili García-Berthou
Manel García-León
Carles García Sellés
Javier García-Serrano
Albert Gargallo-Garriga
Josep Garriga Sala
Ramon Garriga Saperas
Stéphanie Gascón Garcia
Joan Girona Gomis
M. Belén Gómez Martín
María Gonçalves Ageitos
Carles Gracia Alonso
Vicente Gracia Garcia
Oriol Grau Fernández
Virginie Guemas
Jaume Josa i Pons
Daijun Liu
Lei Liu
Maria del Carme Llasat Botija
Pilar Llorens Garcia
Jaume Lloveras Vilamanyà
Rosa Llurba Huguet
Joan Carles Llurdés Coit
Joan Llusia Benet
Feliu López i Gelats
Rafael Marcé Romero
Olga Margalef Marrassé
Carolina Martí Llambrich
Eugènia Martí Roca
Javier Martín-Vide
Carles Martínez Gasol
Èrica Martínez Solanas
Josep Mas-Pla
Xavier Mayor Farguell
Margarita Menéndez López
Clara Montaner Augé
César Mösso Aranda
Isabel Muñoz Gracia
Daniel Nadal Sala
Juan Emilio Nieto Moreno

Romà Ogaya Inurrigarro
Josep Oriol Ortiz i Perpiñà
Krijn Paaijmans
Josep Pascual Massaguer
Diana Pascual Sánchez
Guille Peguero Gutiérrez
Carles Pelejero Bou
Josep Peñuelas Reixach
Eduard Pla Ferrer
Sergi Pla Rabes
Josefina Plaixats Boixadera
Rosa M. Poch Claret
Isabel Pont i Castejón
Megan Popkin
Laurent Pouget
Catherine Preece
Marc Prohom Duran
Xavier Quintana Pou
Pere Quintana Seguí
Javier Retana Alumbrreros
Anna Ribas Palom
Laura Rico Cabanas
Joan Rieradevall Pons
Albert Rivas-Ubach
Marta G. Rivera Ferre
Francesc Robusté Anton
Ismael Romeo Garcia
Joandomènec Ros i Aragonès
Lluís Rovira i Pato
Santi Sabaté Jorba
Francesc Sabater Comas
Sergi Sabater Cortés
Agustín Sánchez-Arcilla
Anabel Sánchez Plaza
Jordi Sardans Galobart
David Saurí Pujol
Robert Savé Montserrat
Maria Teresa Sebastià Álvarez
Josep Maria Serena Sender
Joan Pau Sierra Pedrico
Rafel Simó Martorell
Dominik Sperlich
Constantí Stefanescu
Maria Eugenia Suárez Ojeda
Jordi Sunyer Deu

Joan David Tàbara Villalba
Melodia Tamayo Moreno
Montserrat Termes Rifé
Jaume Terradas Serra
Marco Turco
Andreu Ubach
Ifigenia Urbina
Jordi Vayreda Duran
Irma Ventayol i Ceferino
Aleixandre Verger Ten
Laura Vergonyós Pascual
Gara Villalba Méndez
Maria Vives Ingla
Chris Wheat
Chao Zhang

REVISIÓ CIENTIFICOTÈCNICA

Ferran Ballester Díez
Enric Ballesteros Sagarra
Ileana Bladé Mendoza
Denis Boglio
Manola Brunet India
Pere Casals Tortras
Jordi Catalan Aguilà
Josep Dolz Ripollés
Xavier Domene Casadesús
Xavier Duran Escriba
Arturo Elozegi Irurtia
Marta Estrada Miyares
Jaume Font Garolera
Félix Francés García
Miquel Gayà Porcel
Iñaki Gili Jáuregui
Damià Gomis Bosch
Miquel Grimalt Gelabert
Carles Ibáñez Martí
Lluís Inglada Renau
Agustí Jansà Clar
Josep Enric Llebot Rabagliati
Gisela Loran Benavent
Emilio Martínez Ibarra

Mariano Marzo Carpio
Carme Miralles Guasch
Marc Montlleó Balsebre
Ramon Moreno Amich
Rafael Mujeriego Sahuquillo
Jorge Olcina Cantos
Valerià Paül Carril
Enric Pol Urrutia
Jaume Porta Casanellas
Narcís Prat Fornells
Ignasi Puig Ventosa
Ana Romero Càlix
Romualdo Romero March
Pep Salas Prat
Josep Lluís Salazar Máñez
Juan Sánchez Díaz
David Serrat Congost
Joan Manuel Soriano López
Aurelio Tobías Garcés
Patrizia Ziveri

ASSESSORAMENT LINGÜÍSTIC I CORRECCIÓ

*Servei de Correcció Lingüística de l'Institut
d'Estudis Catalans:*

Josep M. Mestres i Serra, cap del Servei
Kàtia Oliver Vila
Anna de Pablo Puig
Anna Serra Zamora

EDICIÓ

*Entitat Autònoma del Diari Oficial
i de Publicacions de la Generalitat
de Catalunya:*

Raimon Alamany i Sesé,
subdirector general de Publicacions
Lluís Prat i Francisco,
cap de l'Àrea de Producció i Serveis Editorials
Josep M. Carmona Vallejos
Vicenç Petit Garcia
Marc Sacases Guardia

