

13 Sistemes agroalimentaris: agricultura, ramaderia i pesca

Autors

Maria Teresa Sebastià

Josefina Plaixats

Jaume Lloveras

Joan Girona

Nuno Caiola

Robert Savé

Col·laboradora

Rosa Llurba

Maria Teresa Sebastià és doctora en ciències biològiques per la Universitat de Barcelona i professora de la Universitat de Lleida (UdL). Coordina el grup de recerca Gestió i Anàlisi Multiescala de Biodiversitat i Serveis Ambientals als Sistemes Forestals i Agrícoles sota Canvi Global (GAMES) de la UdL i el Laboratori d'Ecologia Funcional i Canvi Global (ECOFUN) del Centre Tecnològic Forestal de Catalunya (CTFC). Investiga l'anàlisi de les interaccions entre la biodiversitat i els cicles del carboni i el nitrogen en condicions de canvi climàtic a pastures, boscos i conreus.

Josefina Plaixats és doctora en biologia, professora del Departament de Ciència Animal i dels Aliments de la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB) i membre del Grup de Recerca en Remugants (G2R). Centra la recerca en la gestió i la restauració d'ecosistemes pastorals i agrosilvopastorals, i en la capacitat de segrest i d'acumulació de carboni. Ha dirigit diversos projectes de recerca i convenis i ha participat en projectes europeus. És coordinadora de la Secció de Ramaderia de la Institució Catalana d'Estudis Agraris (ICEA) i membre del Grup d'Experts en Canvi Climàtic de Catalunya (GECCC).

Jaume Lloveras és enginyer agrònom, doctor en producció i fisiologia de conreus i catedràtic de producció vegetal a la UdL. Ha estat investigador de l'Institut Nacional d'Investigacions Agràries a Abe-

gondo (la Corunya) i de l'Institut de Recerca i Tecnologies Agroalimentàries (IRTA) a Reus. Ha treballat i treballa en diversos aspectes de la producció de farratges, cereals d'estiu i d'hivern, lleguminoses, cultius alternatius, rotacions de conreus i fruiters de fruita seca.

Joan Girona és doctor enginyer agrònom, investigador de l'IRTA i professor adjunt de la UdL. Ha centrat la recerca en l'estudi i l'optimització de l'ús eficient de l'aigua en cultius de regadiu. És coordinador del grup de treball IRTA-UC Davis sobre el reg eficient en espècies llenyoses i membre del REGMED (2008-2010), del grup SCAR de la Unió Europea, del Fòrum de Copenhaguen sobre l'orientació del programa H2020 i del grup d'experts en aigua del Consell Assessor per al Desenvolupament Sostenible (CADS).

Nuno Caiola és llicenciat en biologia marina per la Universitat de Lisboa i doctor en biologia per la Universitat de Barcelona. Actualment és investigador de l'IRTA. Una de les línies principals de recerca que dirigeix és la gestió sostenible de la pesca en aigües costaneres i els efectes del canvi climàtic en aquesta activitat. Ha liderat diversos projectes de recerca nacionals i internacionals, ha dirigit cinc tesis doctorals i és autor de trenta-dues publicacions científiques en els últims cinc anys.

Robert Savé és doctor en biologia i investigador en l'àrea de l'ecofisiologia, principalment en l'àmbit agropecuari. És coordinador científic del programa Vitivinicultura de l'IRTA, assessor de l'Agència Catalana de Seguretat Alimentària, membre del GECCC, representant espanyol en el sector agroforestal de l'Aliança Global contra el Canvi Climàtic (OECC-MAGRAMA) i membre de l'Observatori Metropolità del Canvi Climàtic, del grup de recerca de qualitat Relacions Hídriques del Departament d'Universitats, Recerca i Societat de la Informació, i del grup d'experts en aigua del CADS. És professor d'ecologia a

la UAB i a la Facultat Regional Multidisciplinària de la Universitat Autònoma de Nicaragua.

Rosa Llurba és enginyera agrònoma i especialista en l'estudi dels béns i els serveis associats als policultius dins de projectes de recerca del CTFC i de la UdL. En el marc d'aquests projectes, ha posat en marxa un camp experimental agrícola per a dur a terme experiments sobre diversitat-funció en agroecosistemes. És coautora del *Segon informe sobre el canvi climàtic a Catalunya* i empresària agrícola a la plana de Lleida.

Sumari

Síntesi	318
13.1. Introducció	319
13.2. L'agricultura	319
13.2.1. Efectes del canvi climàtic en l'agricultura a Catalunya.....	320
13.2.2. Estratègies de mitigació i d'adaptació al canvi climàtic de l'agricultura a Catalunya	321
13.2.2.1. L'eficiència en l'ús de nitrogen	321
13.2.2.2. L'agricultura ecològica.....	322
13.2.2.3. La gestió de residus dels cultius	322
13.2.2.4. L'agricultura de conservació	322
13.3. La ramaderia.....	323
13.3.1. Efectes del canvi climàtic en la ramaderia a Catalunya	323
13.3.2. Estratègies de mitigació i d'adaptació al canvi climàtic de la ramaderia a Catalunya.....	323
13.3.2.1. Estratègies d'adaptació de la ramaderia.....	323
13.3.2.2. Estratègies de mitigació de la ramaderia	324
13.4. La pesca costanera.....	325
13.4.1. Efectes del canvi climàtic en la pesca costanera a Catalunya.....	326
13.4.2. Estratègies de mitigació i d'adaptació al canvi climàtic de la pesca costanera a Catalunya	326
13.5. La indústria agroalimentària.....	327
13.5.1. Efectes del canvi climàtic en la indústria agroalimentària a Catalunya ..	328
13.5.2. Estratègies de mitigació i d'adaptació al canvi climàtic de la indústria agroalimentària a Catalunya.....	328
13.6. L'aigua.....	328
13.6.1. La importància de l'aigua	328
13.6.2. Efectes del canvi climàtic	329
13.6.3. Estratègies de mitigació i d'adaptació al canvi climàtic	330
13.7. Conclusions	332
13.8. Recomanacions	333
Referències bibliogràfiques	334

Síntesi

El sector agropecuari català és plenament conscient del canvi climàtic i del canvi global, i ja fa temps que ha iniciat polítiques i actuacions de mitigació i d'adaptació a aquests canvis. Parteix de l'adaptació de l'agronomia basada en el coneixement científic per a adequar els mètodes i els sistemes de producció a les noves condicions ambientals i assegurar el manteniment quantitatiu i qualitatiu de la producció, tenint sempre en compte el context socioeconòmic, ambiental i cultural en què es projecten.

En els darrers temps s'observa un augment de la consciència dels productors i dels consumidors de productes agroalimentaris respecte a l'existència i als efectes del canvi climàtic. Això explica la intensificació tecnificada i l'agricultura de precisió que, amb campanyes de consum responsable, han tingut un gran èxit (per mitjà dels productes de quilòmetre zero o de proximitat).

L'agricultura té dos reptes importants: l'ús de l'aigua i la gestió del nitrogen. L'agricultura de regadiu ofereix uns beneficis més elevats que la de secà en termes productius i econòmics. En aquest sentit, la millora de l'eficiència en l'ús de l'aigua (és a dir, l'increment del producte obtingut per cada gota d'aigua utilitzada) és clau per a la sostenibilitat respecte al canvi climàtic. L'agricultura de secà, que representa el percentatge més important del sòl agrícola català, presenta més risc i, per a mantenir les funcions productives, haurà d'escollir les espècies i les varietats més resistents a la sequera i fer més ús de les estratègies de gestió, com ara la

rotació de conreus, el guaret o la pràctica d'altres sistemes de cultiu (com, per exemple, la conservació, la producció ecològica, la producció integrada i l'agricultura de precisió).

En l'agricultura, la gestió dels adobs nitrogenats és un factor bàsic per a la producció vegetal. Cal, però, fer-ne un ús més eficient i reduir les emissions de compostos de nitrogen i l'efecte en l'eutrofització de les aigües superficials i subterrànies. En aquest sentit, cal afinar la relació adob-reg-sòl i el maneig dels nutrients al camp.

Pel que fa a la ramaderia, la intensitat i la quantitat d'emissions varien segons les espècies i els sistemes de producció. Així, doncs, és essencial millorar les pràctiques de gestió del bestiar i de les dejeccions per a augmentar l'eficiència de producció i reduir les emissions. La ramaderia de precisió i l'aplicació de noves tecnologies com ara la nutrigènica poden contribuir al manteniment de la producció i, alhora, a la mitigació del canvi climàtic.

Atesa la importància global, els ecosistemes marins costaners són un punt important de preocupació amb relació als impactes del canvi climàtic. A causa de la importància econòmica i social, la pesca costanera està fortament arrelada a Catalunya. La gestió d'aquesta activitat s'ha de fer amb criteris de sostenibilitat i ha de tenir en compte els efectes del canvi climàtic (com ara l'escalfament global i l'acidificació del medi marí).

Paraules clau

agricultura i ramaderia de precisió, eficiència productiva, nitrogen, sòls, aigua, pesca

13.1. Introducció

El sistema agroalimentari català, partint d'una visió integral (sector primari, secundari i terciari), a més de ser el sector industrial principal (amb el 20,8 % del PIB industrial català), aporta el 3,8 % del PIB del país (el sector agropecuari representa el 0,92 %) i actua com un actor anticíclic molt útil en etapes de crisi econòmica (Reguant *et al.*, 2013). És, però, un sector vulnerable al canvi climàtic i, en un sentit més ampli, al canvi global, motiu pel qual tant la Generalitat de Catalunya com un gran nombre d'universitats i centres de recerca desenvolupen, des de les responsabilitats respectives, iniciatives per a contribuir a la mitigació del canvi climàtic i a l'adaptació del sector agroalimentari als efectes d'aquest fenomen.

La vulnerabilitat d'aquest sector respecte al canvi climàtic implica l'adopció d'estratègies productives i de distribució d'aliments respectuoses amb el medi ambient, com ara l'agricultura ecològica, l'agricultura de precisió o qualsevol tipus d'agricultura que redueixi al màxim els efectes d'aquesta activitat en el medi, i d'un consum respectuós (per mitjà de productes de proximitat o de quilòmetre zero). Cal esmentar, com a efecte positiu segons aquesta visió, la conscienciació dels implicats en aquesta cadena (els productors, els tècnics i els consumidors) sobre la necessitat d'avançar en aquest sentit.

Tot i els efectes positius de l'agricultura de regadiu (com ara la producció i la rendibilitat), cal mantenir l'activitat de l'agricultura de secà, que, a més de proporcionar una tipologia de productes diferents, representa una activitat indispensable per a la conservació del territori i la biodiversitat.

Pel que fa a la gestió dels adobs nitrogenats, contribuents importants en les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle (GEH), cal millorar-ne l'eficiència (bàsicament per mitjà d'aspectes relacionats amb el moment, la quantitat i la manera d'aplicar-los, segons la disponibilitat hídrica del medi). En aquest tema cal incloure la gestió dels purins i la millora de les tècniques de conreu que contribueixen a la conservació i a la fertilitat del sòl.

El sector agropecuari i la indústria associada són sotmesos a moltes pressions que n'impulsen i al-

hora en delimiten la funcionalitat, a les quals cal afegir el canvi climàtic i el canvi global (Smith *et al.*, 2014). D'una banda, aquests canvis modifiquen el mercat (les compres, les vendes, les modificacions dels hàbits de consum, els moviments especulatiu, entre d'altres) i, en paral·lel, les noves condicions ambientals poden modificar les condicions i les pràctiques de conreu i recol·lecció, i comportar una variació dels cultius, que generaria noves necessitats a la indústria (pel que fa a la maquinària, l'ús de l'aigua, la climatització, etcètera).

Aquests canvis poden generar una despesa energètica més gran per al sector, que necessitarà incrementar l'eficiència dels processos de producció per a continuar mantenint una bona posició al mercat i, sobretot, per a contribuir a la reducció de l'impacte ambiental d'aquesta activitat (en termes, per exemple, de petjada hídrica i de carboni).

Atesa la importància global, els ecosistemes marins costaners són un punt de preocupació amb relació als impactes del canvi climàtic. A Catalunya, la pesca costanera té una rellevància econòmica i social i s'ha de practicar amb criteris de sostenibilitat i tenint en compte els efectes del canvi climàtic (com ara l'escalfament global i l'acidificació del medi marí).

Com en la major part dels països mediterranis, a Catalunya el consum de peix ha estat i continua sent elevat (aproximadament de 28 kg per persona i any, segons dades del 2013), de manera que és la tercera comunitat autònoma en termes de pesca extractiva i aporta el 48 % de les captures de peix dels Països Catalans (i el 31 % amb relació a la Mediterrània espanyola). La recaptació econòmica d'aquesta activitat va ser d'uns 110 M€ el 2013.

En aquest capítol s'analitza què ha canviat en els anys transcorreguts des de la publicació del *Segon informe sobre el canvi climàtic a Catalunya* (SICCC) i s'aporten coneixements actualitzats sobre alguns aspectes rellevants en àmbits com ara la producció agrària, la ramaderia, l'ús de l'aigua, la fertilització nitrogenada i la gestió dels recursos pesquers.

13.2. L'agricultura

A Catalunya, l'agricultura i la ramaderia tenen un valor econòmic, estratègic i territorial molt elevat,

ja que ocupen més d'un terç del territori i prop del 90 % si es considera també la part forestal (Gràcia *et al.*, 2010), proporcionen una gran quantitat de béns i serveis relacionats amb el paisatge i la producció d'aliments (més de 7 milions de tones de productes agrícoles frescos i/o secs i més de 3,7 milions d'hectolitres de vi i oli l'any 2013; Idescat, 2014), i sostenen una indústria agroalimentària que representa el primer clúster agroalimentari d'Europa.

Existeix una preocupació real sobre l'alimentació d'una població mundial creixent, amb necessitats alimentàries creixents (FAO, 2009). Com afecta, aquest problema, a Catalunya? Respondre a aquesta pregunta és difícil, ja que no solament depèn dels factors de producció, sinó també de nombrosos condicionants socioeconòmics. No obstant això, la diversitat de condicions agroclimàtiques i la capacitat d'adaptació i d'innovació de la societat catalana proporciona certes garanties de la continuïtat de la producció (i de la importació d'aliments) per a alimentar la població en les condicions de canvi climàtic esperades.

En aquest context, mantenir el 40 % d'autosuficiència alimentària (el percentatge de la producció primària respecte a la demanda d'aliments a Catalunya) pot ser un repte. Si la població augmenta i la disponibilitat de recursos productius bàsics (com ara el clima, el sòl i l'aigua) són afectats negativament pel canvi climàtic, mantenir aquest índex no serà fàcil. D'altra banda —i a escala global—, seria desitjable millorar els valors d'autosuficiència alimentària en un context de canvi en el qual l'accés als aliments (un aspecte primordial de la seguretat alimentària) depèn, en gran part, d'incidències climàtiques, geopolítiques i comercials.

Més enllà de la importància pel que fa a la producció, els cultius també tenen una funció ecosistèmica rellevant que es manifesta, per exemple, en la fixació del CO₂ atmosfèric durant la fase de creixement de les plantes (es tracta d'un emmagatzematge temporal que en el cas dels conreus llenyosos se situa en valors mitjans de vint-i-cinc a trenta-cinc anys i que en el cas de les vinyes i les oliveres arriba a valors de seixanta a cent anys; és a dir, unes xifres temporals iguals o superiors als boscos de pinàcies del país). El pa-

nís, per exemple, fixa temporalment i de mitjana uns 7.000 kg C ha⁻¹ any⁻¹, que corresponen a uns 86.000 kg CO₂ ha⁻¹ any⁻¹ (Biau *et al.*, 2013). En el futur, aquesta funció pot esdevenir una estratègia important de mitigació a la Mediterrània, on històricament l'equilibri entre el bosc i el sector agropecuari s'ha entès com un fet adinàmic generador de cultura i de riquesa. Aquest element sembla prendre més força després de la valoració positiva que es deriva de la COP21, celebrada a París el desembre del 2015.

13.2.1. Efectes del canvi climàtic en l'agricultura a Catalunya

L'agricultura desenvolupa un paper evident com a receptora però també com a promotora del canvi climàtic, ja que una gran part de l'activitat agrícola és condicionada pel medi i els seus recursos i, malgrat la millora tecnològica, continua sent molt sensible als canvis en el clima (especialment, a la disminució de la precipitació i a l'augment de la temperatura). A més, tot i la feina feta en aquest sentit, cal aconseguir una gestió més eficient dels recursos (l'aigua, el sòl, els nutrients) i una reducció dels efectes contaminants que s'hi poden associar (els GEH i la contaminació difusa). D'altra banda, la millora productiva per unitat d'entrada utilitzada és l'altre repte que li caldrà afrontar. Al SICCC s'afirmava que, en condicions de canvi climàtic, calia desenvolupar una agronomia nova, holística, proactiva i radical pel que fa al compromís de lluita contra el canvi climàtic que permetés assegurar les necessitats bàsiques de les generacions actuals i futures en un món que canvia molt de pressa. Aquesta declaració també és vàlida per a aquest INFORME.

El sector agroalimentari català està força tecnificat, la qual cosa li permet ser la primera indústria del país. A més, els darrers anys s'ha produït una expansió de noves tecnologies basades en ciència bàsica general i aplicades al llarg de tota la cadena agroalimentària, com ara l'agricultura de precisió o la millora genètica. Per exemple, s'ha publicat l'efecte positiu de la diversitat sembrada en molts aspectes de la producció (figura 13.1) o en la mitigació del canvi climàtic. Encara manca, però, una aposta més decidida per la introducció de tècniques basades en l'agroecologia i l'estalvi d'aigua.

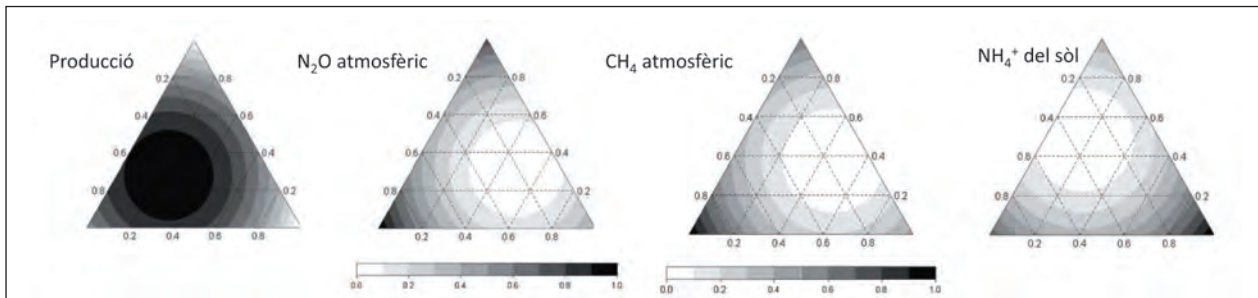


FIGURA 13.1. Efecte positiu de la diversitat sembrada en un ventall de funcions d'ecosistemes farratgers relacionades amb la producció i la millora ambiental. Els vèrtexs dels triangles representen els tres monocultius sembrats en un camp de Castellnou d'Ossó, mentre que el punt central (centroide) representa la diversitat sembrada màxima. S'observa que cap a aquesta zona es maximitza el conjunt de funcions, amb un augment de la producció i una disminució dels gasos amb efecte d'hivernacle i de la pèrdua de nutrients.

Font: Modificat de Ribas *et al.*, 2015.

Amb relació al SICCC, publicat l'any 2010, aquest INFORME aporta com a novetat les quantificacions de les emissions de diversos cultius i sistemes de producció, així com les innovacions produïdes en l'àmbit tecnològic i en les mesures de mitigació. També incorpora una valoració dels efectes beneficiosos de l'agricultura de regadiu en comparació dels de l'agricultura de secà. Per exemple, cal valorar que als nous regadius de Lleida s'ha produït un canvi en el tipus de conreus que ha permès passar de 1.500-3.000 kg ha⁻¹ any⁻¹ de gra (bàsicament, ordi) a 15.000 kg ha⁻¹ any⁻¹ de blat de moro, si bé amb un consum d'aigua de 6.200 a 9.400 m³/ha, segons el sistema de reg utilitzat (Rufat *et al.*, 2006). No obstant això, en el futur caldrà veure si hi ha prou aigua per a totes les terres de regadiu (Lloveras *et al.*, 2014).

Finalment, i com ja es va apuntar al SICCC, l'increment de les temperatures pot allargar els cicles de creixement d'alguns cultius i incrementar-ne els rendiments en alguns indrets, tot i que els pot reduir en altres. Cal destacar, però, que l'increment de la temperatura pot generar problemes greus de floració, maduració, cops de calor i qualitat organolèptica (Funes *et al.*, 2015).

13.2.2. Estratègies de mitigació i d'adaptació al canvi climàtic de l'agricultura a Catalunya

En el conjunt de l'agricultura mundial, els darrers anys s'ha fet molta recerca sobre l'increment de l'eficàcia dels adobs nitrogenats i de l'ús dels inhibidors de la nitrificació per a reduir les emissions de GEH (Abalos *et al.*, 2014). També s'ha intensificat la cerca de genotips de cultius més adap-

tats al dèficit hídric, la qual cosa ha originat, per exemple, varietats comercials de blat de moro més adaptades a la sequera que permeten mantenir rendiments de gra acceptables.

Cal fer referència, també, a la recerca sobre adobs nitrogenats amb inhibidors de la nitrificació per a reduir el volum d'emissions de GEH i sobre la capacitat d'embornal del sector agrari, detallada en el capítol 3 d'aquest INFORME.

13.2.2.1. L'eficiència en l'ús de nitrogen

En la producció agrària, la gestió dels adobs nitrogenats és un factor bàsic de la producció i, si el sòl no el proveeix en la quantitat suficient, cal aplicar adobs nitrogenats (amb una eficiència sovint força baixa)¹ o utilitzar el potencial de les lleguminoses. En qualsevol cas, cal tenir present que l'aplicació d'adobs nitrogenats també comporta un augment de les emissions de GEH.

Alguns d'aquests aspectes s'han estudiat en els darrers anys a les nostres comarques i amb els nostres cultius. Al mateix temps, l'ús dels fems i els purins com a adob també produeix GEH i a Catalunya, almenys a les comarques de l'interior, és una pràctica habitual quasi insubstituïble (Teira, 2008), tot i els problemes ambientals que genera (DARP, 2015b).

Hi ha poques publicacions sobre les quantitats d'adobs nitrogenats utilitzats habitualment a Catalu-

1. De 56 a 182 kg de gra per kg de nitrogen aplicat en panís en regadiu, insignificant en l'alfals o recuperacions del 28 al 46,5 % del nitrogen aplicat en secà.

nya, tot i que sovint es detecta un excés d'aplicació de nitrogen que, a més d'un risc de contaminació de les aigües per nitrats, implica una contribució a les emissions de N_2O (Maris *et al.*, 2015). Tot i que la contaminació de les aigües subterrànies per nitrats és un fenomen conegut que preocupa les institucions i la societat, cal destacar que en general hi ha una consciència molt baixa sobre el fet que l'ús ineficient o inadequat dels adobs nitrogenats comporta una forta producció de N_2O .

Moltes publicacions de recerca sobre l'ús del nitrogen van dirigides a millorar-ne l'eficiència i, de retruc, a reduir les emissions gasoses. A escala mundial i espanyola hi ha hagut força recerca per a incrementar l'eficiència dels adobs nitrogenats, reduir les pèrdues de nitrogen i emprar inhibidors de la nitrificació i de la ureasa, i alguns països veuen aquesta metodologia com un camí vers la reducció dels GEH (Abalos *et al.*, 2014).

Segons aquestes consideracions, caldria:

- Incrementar el coneixement, l'ús i la gestió dels adobs nitrogenats a Catalunya, ja que la informació disponible no és prou acurada per a avaluar-ne les conseqüències ambientals a escala regional.
- Incrementar els sistemes participatius (recerca, formació, administrador i usuaris) per transferir coneixement sobre la gestió acurada dels elements nutricionals a l'agricultura.
- Desenvolupar models de gestió que ajudin el productor a fer-ne un ús eficient i sostenible ambientalment.

13.2.2.2. L'agricultura ecològica

Quant a les mesures possibles per a la reducció de l'emissió de GEH, és ben conegut que l'agricultura ecològica és un tipus d'agricultura amb un respecte elevat pel medi ambient bàsicament perquè no fa servir ni fertilitzants nitrogenats ni altres productes de síntesi. Tot i que aquest tipus d'agricultura redueix les emissions de GEH per unitat de superfície, cal tenir en compte que avui dia aquest no és l'efecte per unitat de producte (Tuomisto *et al.*, 2012). Encara que el principi sempre és que el potencial per a emetre N_2O augmenta amb la disponibilitat de nitrogen al sòl i amb la solubilitat dels adobs nitrogenats, cal continuar millorant-ne l'aplicació pràctica.

Aquest tipus d'agricultura sembla aportar, en les nostres condicions, un benefici econòmic més gran per al productor en alguns conreus (Santiveri *et al.*, 2014), encara que normalment té rendiments més baixos que els de l'agricultura convencional i cal plantejar si amb el seu ritme de producció es podria satisfer la demanda alimentària de la població mundial.

A escala europea, el sector ecològic ocupa una superfície aproximada de 8 milions d'hectàrees, és a dir, el 4,3 % de la UE-27, però amb una gran diversitat entre països i conreus. La demanda d'aquest tipus d'aliments va augmentant en els mercats europeus, però l'any 2007 el sector orgànic no representava més del 2 % de les despeses totals d'aliments de la UE-15 (EC, 2010).

13.2.2.3. La gestió de residus dels cultius

Una estratègia de mitigació dels efectes dels GEH és el segrest de carboni dels cultius i del sòl. Una pràctica habitual en el cereal d'hivern i, sovint, en el cultiu del blat de moro és l'exportació o la venda de la palla o dels canyots per a obtenir uns ingressos addicionals o reduir les despeses de la gestió del rostoll.

Aquest rostoll és molt important no solament pel que implica en el segrest de carboni, sinó també perquè contribueix a incrementar la matèria orgànica i la qualitat del sòl (els microorganismes, la microfauna, etc.). Així, Biau *et al.* (2013) van observar que en el cultiu del blat de moro l'exportació del rostoll reduïa en tres anys el contingut de carboni orgànic del sòl, que passava d'1,06 a 0,82 g C m⁻².

La retirada del rostoll també afecta les emissions de N_2O . En el cas del blat de moro i en les nostres condicions, es va passar d'1,56 kg ha⁻¹ a 1,73 kg ha⁻¹ en els tractaments en què el rostoll de panís es va exportar en comparació dels tractaments en què el rostoll de panís es va incorporar al sòl (S. Maris, com. pers.).

13.2.2.4. L'agricultura de conservació

De les possibles tècniques de conreu encaminades al segrest del carboni destaca l'agricultura de conservació, que pot contribuir a incrementar el contingut de matèria orgànica del sòl i, en conseqüència, al segrest de carboni. Álvaro *et al.* (2014),

per exemple, van trobar diferències significatives en el contingut de carboni orgànic en la capa superior del sòl (5 cm) entre el conreu mínim i les sèmbras tradicionals de 5,7 Mg C ha⁻¹ a favor del primer. No obstant això, si es consideraven els primers 30 cm de sòl aquestes diferències eren més petites.

En aquesta línia, cal considerar la biota del sòl, ja que és clau en la modulació de les respostes vegetals respecte de l'aigua i els nutrients del sòl. Aquesta fertilitat biològica és un altre dels punts que la pràctica agronòmica pot afavorir (Zuccarini *et al.*, 2015).

13.3. La ramaderia

La producció de carn a Catalunya és d'uns 2 milions de tones l'any, de les quals el 76 % és de porc; el 16,7 %, d'aviram, i el 6 %, de boví (que representen, respectivament, el 44 %, el 24,7 % i el 20,5 % de la producció de l'Estat espanyol). Cal assenyalar que el 63 % de la carn de porc produïda a Catalunya s'exporta, de manera que és el sector industrial més important pel que fa a les vendes, amb el 22 % del total (Ministerio de Economía y Competitividad, 2014).

A continuació s'analitzen alguns dels efectes del canvi climàtic en aquest sector i les estratègies de mitigació de les emissions de GEH i d'adaptació als efectes del canvi climàtic.

13.3.1. Efectes del canvi climàtic en la ramaderia a Catalunya

La previsió de l'increment anual de la temperatura de 0,9 °C i del descens de la precipitació de l'1,5 % apuntats en aquest mateix INFORME poden afectar la productivitat del bestiar d'una manera diferent segons l'espècie animal. Fins i tot els remugants amb un interval de confort tèrmic ampli, possiblement veuran alterades la fisiologia i la capacitat d'ingestió en condicions extensives i/o semiintensives.

En condicions d'onades de calor, com s'ha observat en les cabres de llet, la producció disminuirà i, a més, es produiran canvis en la composició química d'aquest producte, la qual cosa podrà afectar els processos de la indústria làctia. Pel que fa als efectes indirectes, consistiran en canvis en la disponi-

bilitat de farratge, pastures i matèries primeres per a la indústria del pinso i en problemes en l'àmbit de la sanitat animal.

Els animals monogàstrics (porcs i aus), amb un interval de confort tèrmic més reduït, poden ser molt afectats per l'augment de les temperatures. En la pràctica, però, es pot considerar que moltes instal·lacions productives del nostre país disposen de capacitat per a atenuar els efectes de la temperatura, d'acord amb les condicions de benestar animal dictades per la Unió Europea [Reglament (CE) núm. 1/2005].

13.3.2. Estratègies de mitigació i d'adaptació al canvi climàtic de la ramaderia a Catalunya

13.3.2.1. Estratègies d'adaptació de la ramaderia

Els remugants probablement podran tolerar l'augment de la temperatura apuntat en aquest INFORME, tot i que la resposta dels animals és complexa, ja que és el resultat de la interacció entre la genètica, la fisiologia, l'aclimatació i l'habitació. Les estratègies d'adaptació en l'àmbit de la ramaderia haurien d'incloure, entre d'altres:

- La introducció en els animals de cria de caràcters genètics de tolerància a la temperatura, de capacitat de supervivència i de resistència a les malalties.
- El control dels sistemes de pasturatge per a reduir la càrrega ramadera i augmentar les zones d'ombra amb arbrat.
- La formulació de dietes complementàries més digestibles, l'establiment de programes d'alimentació adients a la productivitat, la genètica i el sexe dels animals, i l'alimentació per fases.

Pel que fa als animals monogàstrics en condicions intensives, amb un interval de confort tèrmic més reduït, l'adaptació hauria d'incloure mesures com ara:

- La tecnificació de les instal·lacions.
- La millora de les races amb caràcters de tolerància a la temperatura i de resistència a les malalties.
- La formulació de noves dietes basades en l'energia neta, amb nivells baixos de proteïna i suplementos d'aminoàcids digestibles per a disminuir l'excreció de nitrogen.

13.3.2.2. Estratègies de mitigació de la ramaderia

El sector ramader és un dels principals emissors de GEH, ja que és el responsable del 14,5 % de les emissions totals a escala global (amb el 39 % d'origen entèric, el 45 % fruit de la producció i el processament de pinsos, el 10 % procedent de la descomposició dels fems i el 6 % produït pel transport d'animals i l'elaboració dels productes). Es preveu que aquesta contribució augmenti a causa de la demanda mundial creixent de productes d'origen animal (FAO, 2013). Diversos agents ja han advertit, en aquest sentit, la importància de disminuir el consum de carn als països desenvolupats (Bailey *et al.*, 2014).

A Catalunya, el total de les emissions del sector agroramader és de 4,1 Mt CO₂ equiv., de les quals un 15,8 % són degudes a la fermentació entèrica i un 47,5 %, a la gestió dels fems (1,9 Mt CO₂ equiv.; OCCC, 2014). La taula 13.1 mostra que els remugants presenten una intensitat d'emissió de gasos molt més elevada que no pas els animals monogàstrics. El fet que a Catalunya la producció més gran de carn correspongui a porcs i aus no convidada, però, a la tranquil·litat, atès que ha augmentat considerablement els darrers anys i es preveu que ho continuï fent. El consum de carn a les llars catalanes és de 57,7 kg/(hab. any), és a dir, de 158 g/(hab. dia), i es preveu que arribi a 179 g/dia. La més consumida és la de pollastre (el 27,0 %), seguida de la de porc (el 21,2 %) i la de vedella (el 11,6 %).

Per a contribuir a la mitigació, és indispensable augmentar l'eficiència de la producció ramadera, tant pel que fa a la producció de llet com pel que fa a la producció de carn. L'estratègia per a fer-ho hauria d'incloure, entre d'altres, les accions següents:

- La millora en la selecció de la genètica animal per a la producció. Per exemple, una vaca que produeix 8.000 litres de llet l'any emet menys GEH (17,4 g de metà/kg de llet) que dues que en produeixen 4.000 cadascuna (30,8 g de metà/kg de llet) (FAO, 2013).
- L'augment de la fertilitat dels animals per a reduir el ritme de reposició.
- L'augment de l'eficiència en l'ús dels nutrients per a equilibrar d'una manera rigorosa els requeriments dels animals amb el subministrament dels nutrients de la dieta. És precisament en l'alimentació del bestiar que hi ha més marge per a actuar en la petjada de carboni.
- L'aplicació dels avenços en el camp de la nutrigènica i la nutrigenètica per a comprendre la interacció nutrient-gen i els efectes en els paràmetres d'eficiència productiva i de la salut dels animals (Ghormade *et al.*, 2011). L'ús de dietes específiques podrà millorar la qualitat de la carn i la llet i disminuir les alteracions metabòliques en situacions d'estrès.
- L'ús d'additius (com ara inhibidors, acceptors d'electrons, ionòfors, compostos vegetals bioactius, enzims, lípids dietètics i agents microbians) per a reduir l'emissió de metà, tot i que les interaccions són complexes (FAO, 2013).

TAULA 13.1. Contribució de l'activitat ramadera a l'emissió de gasos amb efecte d'hivernacle

Producció ramadera	Percentatge	Espècie animal	Percentatge	Intensitat d'emissió (kg CO ₂ equiv./kg proteïna)
Monogàstrics	19,0	Carn de porc	9,5	50
		Carn de pollastre	5,7	40
		Ous	2,8	30
		Altres aus	1,0	—
Remugants	81,0	Carn de boví	35,3	300
		Llet i productes de boví	30,1	80
		Carn i llet de búfal	8,8	—
		Carn i llet de petits remugants	6,7	190/140

Font: Elaboració pròpia a partir de dades de FAO, 2013.

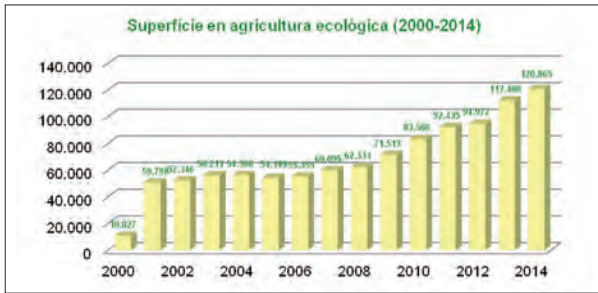


FIGURA 13.2. Evolució de la superfície d'agricultura ecològica a Catalunya.

Font: CCPAE, 2015.

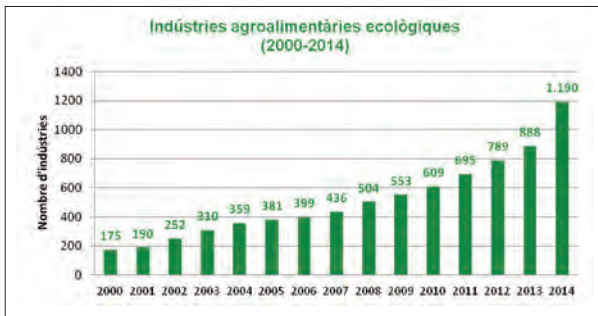


FIGURA 13.4. Evolució del nombre d'indústries agroalimentàries ecològiques a Catalunya.

Font: CCPAE, 2015.

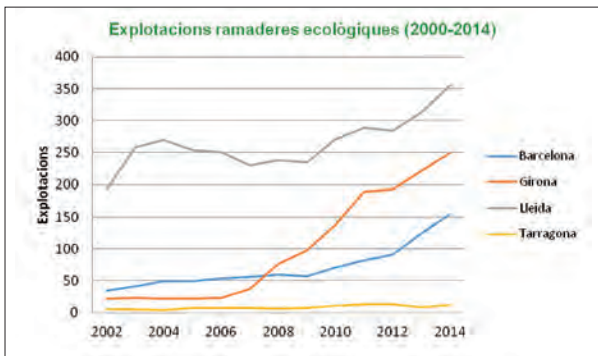


FIGURA 13.3. Evolució del nombre d'explotacions ramaderes ecològiques a Catalunya.

Font: CCPAE, 2015.

- El manteniment de la producció animal en condicions intensives sostenibles (en el cas dels porcs, les aus i la producció lletera) aplicant la ramaderia de precisió, és a dir, la gestió de la producció ramadera utilitzant els principis i la tecnologia de l'enginyeria de processos. Consisteix en la detecció de les necessitats dels animals mitjançant un monitoratge continuat, utilitzant diferents tecnologies (SIG) per a augmentar la salut i el benestar animal, millorar

el control de l'impacte ambiental i augmentar l'eficiència de la producció (JRC *et al.*, 2014). Tot i que Catalunya disposa de poques explotacions intel·ligents, és pionera en el disseny d'equips robotitzats portat a terme pel Grup de Recerca en Agrícola i Agricultura de Precisió (GRAP) i, des de l'any 2013, pel Projecte BLANCA-Ponderosa Holstein de vaques de llet (IRTA).

- L'augment de la producció ecològica (figura 13.2, figura 13.3 i figura 13.4). Els remugants i els herbívors en pasturatge poden representar un embornal del 3 % ± 1,8 % de les emissions de GEH a la Unió Europea, que aproximadament corresponen al 0,6 % per a Catalunya. La ramaderia ecològica, a Catalunya, representa el 6,97 %, i la més important és la de carn de vedella (el 53 %), seguida de la d'oví (el 14 %) i de la de cabrum (el 11 %). En els darrers deu anys el nombre d'explotacions ha passat de 345 a 771.
- L'optimització de les pràctiques de gestió dels residus ramaders, de manera que s'afavoreixi la recuperació i el reciclatge de nutrients, és a dir, la utilització com a fertilitzants.
- L'aprofitament de la conversió de la matèria orgànica a gas metà mitjançant el procés de digestió anaeròbica metànica, amb la qual es pot aconseguir una reducció de 118 kg CO₂ equiv./m³ de purí tractat (Pla Marc de Mitigació del Canvi Climàtic a Catalunya 2008-2012). L'aplicació dels purins al sòl amb eines específiques també contribueix a la reducció d'emissions alhora que s'eviten pèrdues de nitrogen.
- L'augment de l'eficàcia en l'ús de l'energia en les cadenes de processament i de subministrament d'aliments carnis.

13.4. La pesca costanera

El consum de peix a Catalunya ha estat i és elevat (aproximadament, de 30 kg per persona i any; DARP, 2014), com a la major part dels països mediterranis. Catalunya és la tercera comunitat autònoma pel que fa a la producció de pesca extractiva i representa el 48 % de les captures dels Països Catalans i el 31 % de les de la Mediterrània espanyola. La recaptació econòmica d'aquesta activitat va ser de 102 M€ l'any 2015 (DARP, 2015a). Així, doncs, no és estrany que la pesca extractiva sigui una activitat important i molt arrelada tant

socialment com culturalment. Per tant, la gestió d'aquesta activitat s'ha de prendre seriosament i s'ha de fer amb criteris de sostenibilitat.

13.4.1. Efectes del canvi climàtic en la pesca costanera a Catalunya

Com a país occidental del primer món, Catalunya fa cara als mateixos problemes globals de gestió pesquera: la sobrepesca i la destrucció de l'hàbitat. A aquests factors cal afegir el canvi climàtic, el qual, segons dades del Grup Intergovernamental d'Experts en Canvi Climàtic (IPCC), podrà provocar un decrement de les captures de fins al 20 % en el període 2051-2060 (IPCC, 2014).

Aquesta disminució només s'atribueix a l'increment de la temperatura, que s'estima que serà d'uns 3 o 4 °C a final de segle respecte del període 1986-2005. La temperatura de l'aigua afecta diversos trets biològics de les espècies marines, incloent-hi la reproducció, el creixement i la condició física. No obstant això, no solament es tracta de límits fisiològics, ja que en condicions subòptimes les espècies creixen menys i la fecunditat disminueix.

Òbviament, això no és igual en totes les espècies, perquè depèn de la capacitat de dispersió. Per exemple, els organismes sèssils, com ara els mol·luscs bivalves, tenen una capacitat reduïda d'adaptació a les noves condicions d'augment de la temperatura, de manera que la tendència és la disminució considerable dels estocs. Les espècies que tenen una capacitat de dispersió més gran, en canvi, poden canviar l'àrea de distribució i cercar zones d'aigües més fredes (vegeu el capítol 11 d'aquest mateix INFORME) i més allunyades de la costa (Lloret *et al.*, 2015).

En casos com aquests, tot i que els estocs no disminueixen, la producció pesquera sí que ho podria fer, atès que aquestes espècies, per raons tècniques i/o econòmiques, deixarien de ser recursos explotables. A aquests efectes directes caldria afegir l'impacte en els hàbitats, que globalment es preveu que sigui molt negatiu. L'acidificació del medi marí és un altre factor associat al canvi climàtic que no es comptabilitza en les prediccions de l'evolució de les captures, però que també afectarà negativament la producció pesquera.

Aquest fenomen és el resultat d'un increment del CO₂ de l'atmosfera, que segons l'IPCC continuarà augmentant en els propers decennis (del 25 al 90 % fins a l'any 2030). Pel que fa a la difusió a les aigües superficials dels oceans, els valors cada vegada més alts de CO₂ atmosfèric provoquen l'augment de la pressió parcial d'aquest GEH. Aquest fenomen comporta la dissociació de l'àcid carbònic, cosa que provoca una disminució del pH de l'aigua del mar i de la concentració de l'ió carbonat (CO₃²⁻).

L'ió carbonat és un element essencial per als organismes que depenen de la deposició de carbonat de calci (CaCO₃) per mitjà de la biomineralització per a la formació d'estructures calcàries, com ara les valves i els exosquelets dels bivalves. Si el procés de biomineralització no es produeix adequadament, la taxa de creixement es redueix i els organismes presenten anomalies morfològiques que provoquen, per exemple, la pèrdua de la capacitat de fixació al substrat. També disminueix la capacitat d'alimentar-se, la qual cosa pot comportar una disminució de l'abundància i, per tant, de la producció pesquera. Les activitats afectades serien tant la pesca extractiva (la pesca de marisc, en aquest cas) com l'aqüicultura extensiva en zones costaneres (Prado *et al.*, 2016).

L'exemple dels bivalves potser és el més flagrant, però no s'ha d'oblidar que els peixos, uns organismes vertebrats subjectes a processos de biomineralització per a la formació de l'esquelet, també poden ser afectats negativament. Similarment, els efectes en els hàbitats poden ser força importants, ja que en casos de pH més baix també poden ser afectats directament o indirectament algunes plantes i fins i tot substrats calcaris d'origen biològic o mineral. A tot això cal afegir l'afectació als organismes bentònics amb estructures calcàries, que són la base alimentària de grups tròfics superiors.

13.4.2. Estratègies de mitigació i d'adaptació al canvi climàtic de la pesca costanera a Catalunya

L'activitat pesquera depèn, en bona part del procés (com ara en la captura, el transport, el processament o l'emmagatzematge), dels combustibles fòssils i, per tant, produeix emissions de CO₂. No obstant això, la major part dels treballs existents

en aquest àmbit han conclòs que la contribució del sector al canvi climàtic és mínima i, en conseqüència, no s'ha posat gaire èmfasi a possibles mesures de mitigació (Troadeç, 2000).

Així, doncs, la major part dels esforços per minimitzar els efectes del canvi global en la producció pesquera han d'anar dirigits a adoptar mesures d'adaptació. A continuació es proposen les mesures que generen més consens internacionalment i que són aplicables a la realitat de la pesca costanera a Catalunya. La principal —i urgent— consisteix en un canvi de paradigma pel que fa al maneig dels recursos pesquers que impliqui deixar de gestionar estocs aïllats per passar a gestionar ecosistemes. Es tracta, doncs, de fer una gestió ecosistèmica dels recursos pesquers (EAF) basada en un enfocament holístic que tingui en compte els coneixements i les incerteses respecte als components biòtics i abiòtics i les interaccions de l'ecosistema (FAO, 2003).

Amb aquest enfocament és possible determinar la variació de la producció pesquera segons paràmetres abiòtics (entre els quals hi ha els relacionats amb el canvi climàtic) i d'explotació dels recursos (com, per exemple, l'esforç de pesca), de manera que es garanteixi la viabilitat econòmica de les activitats pesqueres a llarg termini i s'assoleixi el rendiment màxim sostenible (RMS). Aquest enfocament ecosistèmic també contribueix a aturar la pèrdua de biodiversitat, a restaurar la productivitat del medi marí i, per tant, a augmentar-ne la resiliència.

Aquest tipus de gestió ecosistèmica no és nou: l'Organització de les Nacions Unides per a l'Agricultura i l'Alimentació (FAO) ja el va proposar l'any 1995, en el marc del principi de precaució en la gestió pesquera, i, de fet, la Unió Europea va considerar que adoptar-lo era obligatori. L'any 2002, en el marc de la Cimera per al Desenvolupament Sostenible celebrada a Johannesburg, la Unió Europea va adquirir el compromís de mantenir les poblacions de peixos o restablir-les a nivells que poguessin produir l'RMS i d'aconseguir, urgentment, aquests objectius amb relació a les poblacions esgotades.

Aquest compromís es veu reflectit a la nova política pesquera comuna, que va entrar en vigor el gener

del 2014: els plans plurianuals s'adoptaran prioritàriament d'acord amb dictàmens científics, tècnics i econòmics, i contindran mesures de conservació destinades a aconseguir el restabliment i el manteniment progressiu de les poblacions de peixos per sobre d'uns nivells de biomassa capaços de produir l'RMS.

Cal destacar que, com s'esmenta a la política pesquera comuna, aquesta gestió dels recursos pesquers amb un enfocament ecosistèmic es basa en el coneixement; per tant, la recerca hauria de tenir un paper preponderant en el desenvolupament i la implementació d'aquests nous esquemes de gestió sostenible.

Una altra mesura d'adaptació que s'ha demostrat efectiva en alguns indrets del món és la creació de zones d'exclusió de pesca, complementada amb una gestió d'hàbitats que ajudi a pal·liar la disminució d'alguns estocs pesquers (com, per exemple, la protecció de les praderies de fanerògames o la instal·lació d'esculls artificials). Cal disposar d'un bon coneixement de tota la costa per a identificar les zones menys afectades per l'escalfament o per l'acidificació i adoptar les mesures de gestió d'hàbitats adequades. Aquest coneixement també serà útil per a prioritzar els indrets d'implementació d'estructures d'aqüicultura, com ara les gàbies flotants per a la cria o l'engreix de peixos.

Finalment, els consumidors també s'han d'adaptar a la nova realitat i assumir que no serà possible continuar consumint les espècies marines consumides fins ara.

13.5. La indústria agroalimentària

La indústria agroalimentària és un àmbit econòmic d'una gran importància per al nostre país, ja que aporta el 3,8 % del PIB català i concentra el 23,5 % de les vendes de tota la indústria agroalimentària de l'Estat espanyol. Sense intermediaris ni serveis, el pes de l'agricultura i la indústria agroalimentària en el PIB català és del 15 % (l'energia representa el 1,8 % i l'automoció, el 2,7 %). D'altra banda, la suma de tots els sectors relacionats amb el sector agroalimentari (l'agricultura i els serveis associats, la indústria, la distribució, la restauració i el comerç, tant a l'engròs com al detall) representa el 30,5 % del PIB català.

Actualment, inclou unes 2.600 empreses, les quals l'any 2015 van generar, segons l'Institut d'Estadística de Catalunya, un negoci de 22.230 milions d'euros (el 17 % del total) i van donar feina a 75.600 persones. En termes relatius, representa prop del 18 % de la xifra de negoci i més del 16 % de l'ocupació de la indústria catalana, fet que el converteix en un dels primers sectors manufacturers.

Malgrat que es considera un sector madur, la demanda de productes agraris canvia d'acord amb els nous hàbits de la societat. Per incrementar la quota de mercat, els productors i les empreses alimentàries s'intenten adaptar a les preferències del consumidor i ofereixen més diversitat, productes de preparació i consum fàcils, aliments funcionals i ecològics, i envasos amb formats més pràctics i sostenibles.

Per tot això, és imprescindible disposar d'una visió i una estratègia de país que permeti aprofitar la capacitat de tracció d'aquest sector i totes les potencialitats de l'entorn per a convertir Catalunya i tots els seus agents en una referència mundial en l'àmbit de l'alimentació a mitjà i a llarg termini.

13.5.1. Efectes del canvi climàtic en la indústria agroalimentària a Catalunya

El canvi global i el canvi climàtic actuen sinèrgicament en el sector agropecuari i la indústria associada. A la vegada, les noves condicions ambientals generen potencialment productes diferents en origen (diferents cultius, graus de maduració, dates de collita, qualitats, etc.), la qual cosa incideix en les noves necessitats de la indústria, com ara el tipus de maquinària, la climatització o l'ús de l'aigua.

Aquests nous balanços, que en alguns casos caldrà modificar o corregir en l'àmbit de la indústria, representen originalment més despesa energètica i la necessitat d'incrementar l'eficiència dels processos i dels productes per a continuar mantenint una bona posició en el mercat i garantir-ne la sostenibilitat ambiental.

13.5.2. Estratègies de mitigació i d'adaptació al canvi climàtic de la indústria agroalimentària a Catalunya

La mitigació i l'adaptació de la indústria agroalimentària al canvi climàtic comporta necessàriament

calcular la petjada de carboni que genera (seguint la recomanació de la Unió Europea 2013/179/UE) i utilitzar els resultats per a optimitzar els processos al llarg del cicle de vida i de la distribució d'un producte de manera que se'n minimitzi l'impacte ambiental. En aquest sentit, la reducció de la petjada de carboni implica la minimització del consum d'energia i del consum de matèries primeres en els processos de fabricació, envàs i embalatge, així com l'optimització del transport i la distribució dels productes.

13.6. L'aigua

L'aigua, un element bàsic per a tota activitat viva i necessari per a la major part de les activitats humanes, és un recurs cabdal per al present i el futur del sector agroalimentari —i, per tant, per a la producció alimentària— a Catalunya. Malgrat que la primera i la segona edició d'aquest INFORME el van abordar d'una manera transversal, en aquesta ocasió s'ha valorat la necessitat de tractar-lo des d'aquesta perspectiva específica (d'altra banda, cal recordar que el capítol 7 d'aquest INFORME s'ha dedicat als recursos hidrològics).

Cal destacar, en aquest sentit, que el nostre país disposa de grups de recerca destacats que treballen, arreu de la geografia, en les diverses fases del cicle de l'aigua. Això permet disposar d'una bona base de coneixement que en aquest apartat s'utilitzarà per a analitzar els efectes del canvi climàtic en el binomi aigua / producció alimentària.

13.6.1. La importància de l'aigua

El sector socioeconòmic que utilitza més aigua a Catalunya és l'agricultura (el sector agrícola i ramader), que arriba a gestionar del 70 al 80 % dels recursos hídrics del nostre país (ACA, 2015). Des d'un punt de vista estrictament ambiental, l'agricultura és una usuària important d'aigua, però al mateix temps —i potser involuntàriament— actua com a reguladora del sistema hidrològic per mitjà de les diferents pràctiques agrícoles (en alguns casos d'una manera passiva i en altres d'una manera més sistemàtica).

L'aigua és un bé escàs i de subministrament irregular, atès el caràcter mediterrani del nostre clima. Requereix, per tant, una gestió integral i amb visió de futur.

En un context de demanda creixent de productes agrícoles (que requereix, en part, una intensificació més gran de la producció per a obtenir una productivitat més gran per unitat de superfície i entrada) en el qual la necessitat de desenvolupar una política ambiental ambiciosa es fa més evident que mai, el repte del sector agroalimentari per al segle XXI adquireix grans dimensions. Especialment, perquè les pràctiques utilitzades fins ara tenen límits clars pel que fa a les entrades (la utilització de recursos no renovables) i a les sortides (la saturació de la producció i la contaminació associada).

L'any 2000, amb l'aprovació de la Directiva marc de l'aigua, les institucions europees van abordar, d'una manera global per primera vegada, la multiplicitat de reptes que presenten les aigües i van posar en evidència que la gestió de l'aigua va molt més enllà del tractament i la distribució de l'aigua potable. Com que l'objectiu a llarg termini és garantir la sostenibilitat dels recursos hídrics, aquesta directiva conté mesures sanitàries (com ara l'aprofitament d'aigües regenerades), qualitatives (com, per exemple, els nivells de contaminació o l'equilibri de nutrients) i quantitatives (com ara el manteniment del cicle de l'aigua en tots els àmbits biològics i hidrològics).² No obstant això, inicialment va néixer mancada d'una visió que facilités la gestió eficient d'uns recursos hídrics que són limitats.

Catalunya té un nivell d'autosuficiència alimentària de prop del 40 % (Reguant, 2011), una dada que coincideix amb l'estudi de la petjada hídrica de l'alimentació de la població i els recursos hídrics que s'hi destinen (elaboració pròpia). Reduir aquest nivell d'autosuficiència podria ser perillós per a la sobredependència d'altres territoris i comportar una disminució en la quantitat d'esforç humà (agricultors) que gestiona el territori. Per tant, l'increment en la millora de l'eficiència en l'ús de l'aigua de regadiu a Catalunya es considera un element molt necessari.

2. Vegeu, per exemple, el Reglament (UE) 2015/1474 de la Comissió, del 27 d'agost, sobre l'ús d'aigua calenta reciclada per a eliminar la contaminació microbiològica de superfície dels canals i el Reial decret 1075/2015, del 27 de novembre, pel qual es modifica l'annex II del Reial decret 1514/2009, del 2 d'octubre, pel qual es regula la protecció de les aigües subterrànies contra la contaminació i el deteriorament.

L'anàlisi d'una realitat com aquesta a escala reduïda (en l'àmbit català) podria ser enganyosa. Per tant, cal una visió més àmplia, si pot ser mundial, de la gestió de l'aigua, la producció d'aliments i la protecció del territori respecte als reptes del canvi climàtic i de l'augment de la població mundial. La major part de les referències coincideixen en la vinculació de la producció rellevant al regadiu en les àrees mediterrànies. També coincideixen en la idea que la millora de l'eficiència productiva de l'aigua és un element clau per a mantenir aquesta producció, especialment als indrets on els recursos d'aigua destinats al reg són limitats i competeixen amb altres usos (Fribauer *et al.*, 2011; FAO, 2009).

13.6.2. Efectes del canvi climàtic

Segons la FAO, els països es poden classificar d'acord amb un *índex d'estrès hídric* basat en els recursos hídrics anuals per a la població. Així, es proposa un llindar de 1.700 m³ per persona i any, per sota del qual els països estan en situació d'estrès hídric, i s'arriba al terme *escassetat d'aigua* quan aquest índex és inferior a 1.000 m³ per persona i any.

Al final del segle XXI s'espera que Catalunya experimentarà un increment de l'evapotranspiració (*ET*) d'aproximadament el 13 % i un descens de la pluviometria proper al 13 %, que situarien la disponibilitat d'aigua al voltant dels 1.850 m³ per persona i any. És a dir, uns valors molt propers al llindar de l'estrès hídric (actualment, en algunes àrees molt localitzades ja s'estaria per sota d'aquest llindar).

Aquests canvis en les condicions ambientals podrien afectar el balanç hídric i, segons el cultiu, l'any i el lloc, comportar un increment dels requeriments d'aigua de reg per a fer cara a la demanda hídrica dels conreus, a conseqüència de la disminució directa en la quantitat d'aigua disponible edàficament, de l'increment de les demandes atmosfèriques al llarg de la temporada i dels canvis en la fenologia d'aquests cultius (Savé *et al.*, 2012). Cal tenir present, en aquest punt, que actualment Catalunya tan sols cobreix per reg les necessitats d'un 30 % de la superfície agrícola.

El canvi climàtic pot comportar un augment de la temperatura local o general. En l'àmbit regional, no totes les àrees seran afectades de la mateixa manera pel canvi i, en conseqüència, els sectors més exposats seran potencialment més vulnerables al canvi climàtic, tant per pèrdues directes de la productivitat agrícola (la producció inferior) com d'una manera indirecta (per l'augment dels costos de producció). Els resultats obtinguts en els projectes MEDACC i ACCUA posen de manifest, per a les conques del Segre, el Siurana, la Tordera, el Ter, el Fluvià i la Muga, els efectes del microclima, la tipologia dels conreus i les pràctiques agronòmiques en les necessitats d'aigua dels conreus al llarg del segle XXI.

13.6.3. Estratègies de mitigació i d'adaptació al canvi climàtic

D'acord amb les darreres dades disponibles de l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA), l'agricultura consumeix aproximadament el 75 % de l'aigua gestionada a Catalunya (amb una demanda de 2.500 hm³/any) i el 12 % de l'aigua total aportada per la pluja (21.200 hm³/any). Amb tota aquesta aigua es produeix el 40 % dels aliments consumits a Catalunya.

L'aigua que s'utilitza en l'agricultura serveix bàsicament per a produir aliments i productes d'ús

general (com ara fibres, plantes ornamentals, etc.). A Catalunya, el regadiu permet passar d'un índex general mitjà productiu de 4,68 en secà a un de 18,67 en regadiu (elaboració pròpia a partir de dades del DARP). Tenint en compte la ubicació geogràfica i climàtica dels regadius i dels secans, la hipòtesi més versemblant és que la productivitat de les zones de regadiu cultivades sense aigua és molt baixa. Per tant, la producció en condicions de no-regadiu en les zones de regadiu actuals es considera una opció no viable.

En aquestes condicions, un augment d'1,4 °C en la temperatura mitjana podria representar, per als conreus permanents, un increment de la demanda evapotranspirativa de 68 mm/any, mentre que per a 0,8 °C més de temperatura l'increment seria de 38 mm/any. Si això es tradueix en requeriments de reg, els increments podrien ser de 61 mm/any (per a l'increment d'1,4 °C) i de 35 mm/any (per al de 0,8 °C). Les disminucions pluviomètriques previstes tindrien, per tant, un efecte directe en la demanda de reg relativament baixa (de 3 a 8 mm/any) (taula 13.2).

En el cas dels conreus anuals, les estimacions disponibles preveuen que fins a 1 °C d'increment de la temperatura la demanda hídrica d'aquests conreus no augmentaria i que només amb augments

TAULA 13.2. Estimació de la demanda hídrica dels conreus permanents segons diferents escenaris climàtics a Catalunya

ΔT	Evapotranspiracions		ΔPPT		
			0,0 (%)	-2,4 (%)	-6,8 (%)
	ET_0	ET_c	NR		
(°C)	(mm/any)	(mm/any)	(mm/any)	(mm/any)	(mm/any)
0,0	1215	827	621	—	—
0,5	1251	851	643	—	—
0,8	1273	865	656	659	664
1,0	1287	875	664	—	—
1,4	1317	895	682	685	690
1,5	1325	900	686	—	—
2,0	1363	925	709	—	—

ΔT : increment de la temperatura; ET_0 : evapotranspiració de referència determinada segons el mètode de Penman-Monteith (FAO56); ET_c : evapotranspiració del conreu (en aquest cas, de la pomera); ΔPPT : increment de la precipitació, i NR: necessitats de reg (una vegada deduïda la pluja eficient de l' ET_0).

Font: Elaboració pròpia a partir de dades de l'estació climàtica de Mollerussa (SMC).

propers als 2 °C es podria produir un increment lleuger de la demanda hídrica (que seria inferior a l'observada en els conreus permanents).

Tenint en compte la distribució dels conreus a Catalunya, amb un percentatge de conreus anuals del 62 % i un percentatge de conreus per-

manents del 38 %, tant en secà com en regadiu (taula 13.3), les demandes d'aigua per al regadiu podrien augmentar de 60 a 118 hm³/any segons el cas estudiat (taula 13.4). Assumint una eficiència mitjana de reg de tota la superfície de regadiu a Catalunya del 65 %, els requeriments d'aigua per al reg en el cas més desfavorable (el

TAULA 13.3. Distribució de conreus a Catalunya

Cultius	Superfície			Producció total (t)	Distribució de la superfície		
	Secà (ha)	Regadiu (ha)	Total (ha)		Secà (%)	Regadiu (%)	Total (%)
Hortalisses	163	10.000	10.163	256.799	0,0	4,0	1,3
Cereals	253.352	101.204	354.556	1.911.599	49,1	40,4	46,3
Ferratges	50.113	40.918	91.031	3.152.772	9,7	16,3	11,9
Lleguminoses	1.251	484	1.735	2.474	0,2	0,2	0,2
Tubèrculs	337	985	1.322	29.385	0,1	0,4	0,2
Indústrials	11.784	2.003	13.787	32.432	2,3	0,8	1,8
Flosr i plantes orn.	190	2.057	2.247	0	0,0	0,8	0,3
Cítrics	0	9.549	9.549	166.615	0,0	3,8	1,2
Fruiters	40.420	59.801	100.221	833.732	7,8	23,9	13,1
Olivera	98.719	18.210	116.929	128.352	19,1	7,3	15,3
Vinya	51.267	3.575	54.842	499.711	9,9	1,4	7,2
Altres llenyosos	7.776	583	8.359	14.714	1,5	0,2	1,1
Vivers	179	919	1.098	—	0,0	0,4	0,1
Total	515.551	250.288	765.839	7.028.585	100,0	100,0	100,0
Cult. anuals	317.190	157.651	474.841	5.385.461	61,5	63,0	62,0
Cult. Permanents	198.361	92.637	290.998	1.643.124	38,5	37,0	38,0

Font: Dades extretes del DARP (2013) i elaboració pròpia.

TAULA 13.4. Determinació dels possibles increments dels requeriments de reg segons els escenaris climàtics estudiats

Conreus en regadiu	Superfície	Casos estudiats			
		35 (mm/ha)	38 (mm/ha)	61 (mm/ha)	69 (mm/ha)
	(ha)	ΔNR			
	(ha)	hm ³ /any	hm ³ /any	hm ³ /any	hm ³ /any
Total	250.288	60,01	65,16	104,59	118,31
Anuals	157.651	27,59	29,95	48,08	54,39
Permanents	92.637	32,42	35,20	56,51	63,92

Els casos estudiats corresponen als mm/(ha any) en què augmentaria la demanda d'aigua de reg directament consumida pels conreus segons els resultats de la taula 13.2: 35 mm/ha = ΔT 0,8 °C i ΔPPT 0,0 %; 38 mm/ha = ΔT 0,8 °C i ΔPPT -2,4 %; 61 mm/ha = ΔT 1,4 °C i ΔPPT 0,0 %, i 69 mm/ha = ΔT 1,4 °C i ΔPPT -6,8 %.

Font: Elaboració pròpia a partir de les taules anteriors.

cas de 69 mm/ha i 118,31 hm³/any) s'incrementarien en 197 hm³ i representarien un 7,9 % dels que s'hi destinen actualment.

Atès que l'increment de la temperatura, la disminució de la precipitació i l'increment de la variabilitat estacional previstos poden afectar considerablement la disponibilitat de recursos hídrics a Catalunya, no és previsible que aquests 197 hm³ es puguin extreure d'altres usos i, per tant, si es vol mantenir la superfície de regadiu caldrà incrementar l'eficiència productiva de l'ús de l'aigua de reg. Aquestes millores en l'eficiència productiva són totalment assumibles per l'agricultura (Girona *et al.*, 2012), tant pel que fa als conreus anuals com als permanents. En tots dos casos, l'eficiència s'assolirà mitjançant millores en els sistemes de reg i en el maneig.

L'objectiu final de la R+D+I catalana aplicada a aquest sector hauria de ser la millora de l'eficiència productiva (kg d'aliment/m³ d'aigua utilitzat) per a superar l'increment de la demanda d'aigua dels conreus, atès que el canvi climàtic pot provocar una reducció de l'aigua disponible a Catalunya (3.600 hm³, actualment gestionats per l'ACA i la Confederació Hidrogràfica de l'Ebre, a més de la que prové directament de pluja).

Aquesta millora de l'eficiència en l'ús de l'aigua comportaria disposar de sistemes de distribució i de gestió de l'aigua de reg (comunitats de regants) que facilitessin un ús eficient de l'aigua als regants, de sistemes de reg d'alta eficiència gestionats acuradament, de sistemes d'informació i de suport als regants que permetessin assolir aquests objectius, i de programes de R+D+I orientats a desenvolupar, adaptar o implementar la informació i els coneixements necessaris.

Un altre punt que és important analitzar és el procés pel qual l'increment de temperatura, a part de generar un increment en la demanda d'evapotranspiració, provoca tot un conjunt de canvis metabòlics en les espècies i n'altera la fenologia. Per aquest motiu, caldrà tenir en compte els cops de sol, les floracions irregulars i/o inexistents (comercialment), el desacoblament entre espècies, el desajust entre maduració alcohòlica i fenòlica del raïm/vi, els canvis en la qualitat organolèptica de

fruites i hortalisses (López Bustins *et al.*, 2014) i l'adequació del maneig dels conreus per a l'adaptació a períodes probables de sequera (Marsal *et al.*, 2006).

13.7. Conclusions

L'increment de la temperatura de l'aire, la reducció progressiva de la pluviometria, juntament amb un augment de la irregularitat, i l'augment de GEH a l'atmosfera (IPCC, 2014) són elements preocupants que afecten directament el sistema agroalimentari català. Aquesta situació necessita una resposta proactiva de la societat catalana.

La societat catalana és una societat educada, informada i tecnificada, fet que ha de facilitar un establiment ràpid de mesures de mitigació i d'adaptació, tant des del punt de vista dels productors com des del punt de vista dels consumidors dels productes agroalimentaris.

Pel que fa al control de la mitigació de les emissions de GEH, se'n detecten diverses fonts, entre les quals cal destacar els adobs nitrogenats, la gestió dels rostolls, els residus d'esporga i l'activitat ramadera.

La gestió dels adobs nitrogenats és un factor bàsic per a la producció agrària, però també per a la mitigació de les emissions de GEH. Per tant, la millora en l'eficiència d'aquest tipus d'adobs (tant minerals com orgànics) és fonamental per a reduir la contribució de l'agricultura al canvi climàtic.

La gestió i l'enterrament dels rostolls dels cultius poden contribuir a reforçar el paper del sòl com a embornal de carboni i, alhora, millorar-ne la qualitat.

La ramadera ha de fer un gran esforç per a millorar la gestió animal en cada zona i en cada sistema de producció, fent èmfasi en l'alimentació dels animals d'acord amb les necessitats individuals, la raça, el sexe, el genotip i la taxa de creixement. La recerca en nutrigenòmica i la ramadera de precisió esdevindran peces claus per a aconseguir un procés productiu eficient i alhora contribuir a la mitigació del canvi climàtic.

L'IPCC preveu una disminució de les captures a la costa catalana de fins al 20 % a mitjan segle XXI a

causa de l'escalfament global. Aquest decrement encara pot ser més gran si es comptabilitzen els efectes de l'acidificació del medi marí a causa de l'augment del CO₂.

La mesura principal d'adaptació al canvi climàtic consisteix en un canvi de paradigma en la gestió de la pesca: passar de gestionar estocs a gestionar ecosistemes. Aquest enfocament ecosistèmic de la gestió dels recursos pesquers (EAF) és un compromís de la nova política pesquera comuna (2014) i, per tant, ha de ser una prioritat en l'agenda de política pesquera catalana. Com que l'EAF es basa en el coneixement de les interaccions entre espècies, factors abiòtics i esforç de pesca, la recerca hauria d'exercir un paper preponderant en el desenvolupament i la implementació d'aquests nous esquemes de gestió sostenible.

Tant l'IPCC com altres informes estratègics (de la FAO o la Unió Europea) descriuen la disponibilitat d'aigua com l'element més vulnerable i estratègic a causa de dos factors importants: el canvi climàtic (l'augment de la temperatura i la reducció de l'aigua de pluja utilitzable) i l'increment en la demanda d'aliments.

És imprescindible portar a terme una gestió integral de l'aigua que sigui eficient en tots els àmbits. L'aigua s'ha de valorar globalment, ja que hi ha molts actors implicats i moltes necessitats per a cobrir. Cal veure-la com un bé escàs i irregular que requereix una gestió feta avui, pensant en demà i des d'una visió holística, ja que altrament es poden acabar extraient conclusions errònies i, per tant, potencialment perjudicials.

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

13.8. Recomanacions

- 1) Mantenir la societat informada de les conseqüències que les actituds de consum d'aliments tenen en el canvi climàtic. Proporcionar-li els indicadors que permetin elegir entre productes o establir pautes alimentàries.
- 2) Crear grups de treball pluridisciplinaris i estables que orientin els debats sobre els efectes del canvi climàtic en les realitats agrària, ramadera i pesquera catalanes (en un món globalitzat). Les conclusions d'aquests grups han d'ajudar tant a transmetre un missatge clar a la societat com a orientar amb més detall les actuacions que cal dur a terme en aquest àmbit.
- 3) Fomentar mètodes i sistemes que permetin incrementar l'eficiència productiva de l'agricultura i la ramaderia ecològiques, els conreus associats i l'agroforesteria com a mecanismes de mitigació i d'adaptació al canvi climàtic, i fer-los atractius pel que fa a la rendibilitat.
- 4) Desenvolupar estratègies noves, o fomentar l'aplicació de les existents, que millorin l'eficiència de l'ús del nitrogen (mineral i orgànic) als conreus. Incorporar en aquestes estratègies totes les fonts disponibles de nitrogen (com ara rostolls o orgànics) i evitar tant les pèrdues que s'incorporen als GEH com les que puguin contaminar el sòl o els aqüífers.
- 5) Introduir i aplicar els conceptes de ramaderia de precisió, adaptats a cada zona i a cada sistema de producció, així com el control ambiental de les granges, com a estratègia per a la reducció dels GEH.
- 6) Impulsar la recerca i l'aplicació de la nutrigenòmica a les espècies per a mantenir la salut animal, optimitzar el rendiment dels animals i millorar la qualitat i la seguretat dels productes lactis i carnis.
- 7) Centrar l'estratègia per a minimitzar els efectes del canvi climàtic en la pesca costanera a Catalunya en les mesures d'adaptació, basades en el coneixement de les relacions entre espècies i hàbitats.
- 8) Enfocar la gestió de la pesca des d'un punt de vista ecosistèmic que també contribuirà a aturar la pèrdua de biodiversitat, a restaurar la productivitat del medi marí i, per tant, a augmentar-ne la resiliència.
- 9) Desenvolupar sistemes més eficients de maneig dels residus i de reciclatge dels nutrients amb la finalitat de poder utilitzar tots els nutrients naturals disponibles i reduir les aportacions provinents del fora del sistema.
- 10) Optimitzar l'ús de l'energia en els processos de la cadena alimentària des de la producció fins al consumidor.

- 11) Promoure sistemes de gestió eficient de l'aigua en l'agricultura que augmentin tant com sigui possible l'eficiència (kg aliments produïts/m³ d'aigua utilitzats) dins d'uns marges d'eficàcia i sostenibilitat de les explotacions. Això significa potenciar la recerca orientada a aportar solucions als actors vinculats amb l'ús de l'aigua (com ara els regants, els gestors de l'aigua o els tècnics), basada en un sistema de cooperació participativa entre tots (de manera que es garanteixi una transferència més eficaç entre els investigadors i els usuaris).
- 12) Potenciar la R+D+I de la gestió eficient de l'aigua agrícola, una gestió que s'ha de fer des de les administracions públiques perquè l'aigua és un bé públic i, a més, perquè difícilment ningú no invertirà individualment en el desenvolupament d'un bé comú, si no és que esdevé una activitat rendible econòmicament.
- 13) Abordar la planificació i la gestió de l'ús de l'aigua a Catalunya d'una manera global, no sectorial (per a l'ús agrícola, per a l'urbà, etc.), tenint en compte especialment els efectes del canvi climàtic en l'aigua de la Mediterrània.

Referències bibliogràfiques

- ABALOS, D.; JEFFERY, S.; SANZ-COBENA, A. [et al.] (2014). «Meta-analysis of the effect of urease and nitrification inhibitors on crop productivity and nitrogen use efficiency». *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 180, p. 136-144.
- ACA = AGÈNCIA CATALANA DE L'AIGUA (2015). «Eficiència en el reg agrícola». A: *Agència Catalana de l'Aigua* [en línia]. <http://aca-web.gencat.cat/aca/appmanager/aca/aca?_nfpb=true&_pageLabel=P1400026681236618303483&_nfls=false> [Consulta: 5 maig 2016].
- Adaptacions al canvi climàtic en l'ús de l'aigua: Memòria final 2011* [en línia] (2012). <http://www.crea.uab.cat/accua/ACCUA_tecnica_internet.pdf> [Consulta: 5 maig 2016].
- ÁLVARO, J.; PALZA, J.; ARRÚE, J. L. [et al.] (2014). «Soil organic carbon storage in a no-tillage chronosequence under Mediterranean conditions». *Plant Soil*, 376, p. 31-41.
- BAILEY, R.; FROGGATT, A.; WELLELELY, L. (2014). *Livestock - climate change's forgotten sector: Global public opinion on meat and dairy consumption*. Londres: The Royal Institute of International Affairs.
- BIAU, A.; SANTIVERI, F.; LLOVERAS, J. (2013). «Stover management and nitrogen fertilization effects on corn production». *Agronomy Journal*, 105, p. 1264-1270.
- CCPAE = CONSELL CATALÀ DE LA PRODUCCIÓ AGRÀRIA ECOLÒGICA (2015). *Recull d'estadístiques del sector ecològic a Catalunya* [en línia]. <http://www.ccpae.org/docs/estadistiques/2015/00_2015_ccpae_recull-estadistiques.pdf> [Consulta: 5 maig 2016].
- DARP = DEPARTAMENT D'AGRICULTURA, RAMADERIA, PESCA I ALIMENTACIÓ (2013). «Estadístiques definitives». A: *Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació* [en línia]. <http://agricultura.gencat.cat/ca/departament/dar_estadistiques_observatoris/dar_estructura_produccio/dar_estadistiques_agricoles/dar_estadistiques_definitives> [Consulta: 5 maig 2016].
- (2014). «Consum». A: *Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació* [en línia]. <http://agricultura.gencat.cat/ca/ambits/pesca/dar_comercialitzacio_peix/dar_promocio_i_consum/dar_consum> [Consulta: 5 maig 2016].
- (2015a). «Dades totals de captures de pesca a Catalunya». A: *Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació* [en línia]. <http://agricultura.gencat.cat/ca/ambits/pesca/dar_estadistiques_pesca_subhastada/dar_subhastada_llotges_catalanes> [Consulta: 5 maig 2016].
- (2015b). «Zones vulnerables i programa de mesures agronòmiques aplicables». A: *Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació* [en línia]. <http://agricultura.gencat.cat/ca/ambits/agricultura/dar_fertilizants_fertilizacio/dar_fertilizacio/dar_zones_vulnerables> [Consulta: 5 maig 2016].
- EC = EUROPEAN COMMISSION (2010). *An analysis of the EU organic sector* [en línia]. <http://ec.europa.eu/agriculture/markets-and-prices/more-reports/pdf/organic_2010_en.pdf> [Consulta: 5 maig 2016].

- (2011). *Sustainable food consumption and production in a resource-constrained world: The 3rd SCAR foresight exercise*. Luxemburg: Publications Office of the European Union. DOI: 10.2777/49719.
- FAO = FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (2003). *Fisheries Management: 2. The ecosystem approach to fisheries*. Roma: FAO.
- (2009). *Global agriculture towards 2050. Paper presented to High-level Expert Forum on «How to feed the world in 2050»*. Roma: FAO.
- FUNES, I.; ARANDA, X.; BIEL, C. [et al.] (2015). «Future climate change impacts on apple flowering date in a Mediterranean subbasin». *Agricultural Water Management*, 164, p. 19-27. DOI: 10.1016/j.agwat.2015.06.013.
- GHORMADE, V.; KHARE, A.; BAGHEL, R. P. S. (2011). «Nutrigenomics and its applications in animal science». *Veterinary Research Forum*, 3, p. 147-155.
- GIRONA, J.; CASADESÚS, J.; MATA, M. [et al.] (2012). «Eficiencia productiva del agua en función de la tecnología y el conocimiento aplicados al manejo del riego en diferentes cultivos». Comunicació al congrés *Agricultura, agua y energía*, Madrid.
- GRÀCIA, C.; SABATÉ, S.; VAYREDA, J. [et al.] (2010). «Embornals». A: LLEBOT, J. E. (ed.). *Segon informe sobre el canvi climàtic a Catalunya*. Barcelona: Generalitat de Catalunya: Institut d'Estudis Catalans, p. 135-182.
- HRISTOV, A. N.; OH, J.; LEE, C. [et al.] (2013). *Mitigación de las emisiones de gases efecto invernadero en la producción ganadera: Una revisión de las opciones técnicas para la reducción de las emisiones de gases diferentes al CO₂*. Roma: FAO.
- IDESCAT = INSTITUT D'ESTADÍSTICA DE CATALUNYA (2014). «Producció agrícola. Per productes. Províncies». A: *Web de l'estadística oficial de Catalunya* [en línia]. <<http://www.idescat.cat/pub/?id=aec&n=446>> [Consulta: 5 maig 2016].
- IPCC = INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (2014). *Climate change 2014: Synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (AR5)*. Edició de Core Writing Team, R. K. Pachauri, L. A. Meyer [et al.]. Ginebra: IPCC. També disponible en línia a: <<http://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>> [Consulta: 5 maig 2016].
- JRC = JOINT RESEARCH CENTER OF THE EUROPEAN COMMISSION; MONITORING AGRICULTURAL RESOURCES UNIT (2014). *Precision agriculture: An opportunity for EU farmers - Potential support with the CAP 2014-2020*. Directorate-General for Internal Policies. També disponible en línia a: <http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/note/join/2014/529049/IPOL-AGRI_NT%282014%29529049_EN.pdf> [Consulta: 5 maig 2016].
- LLORET, J.; SABATÉS, A.; MUNOZ, M. [et al.] (2015). «How a multidisciplinary approach involving ethnoecology, biology and fisheries can help explain the spatio-temporal changes in marine fish abundance resulting from climate change». *Global Ecology and Biogeography*, 24, p. 448-461.
- LLOVERAS, J.; CABASÉS, M. A. (2014). «Avaluació dels costos de producció de cultius extensius en secà i regadiu». *Dossier Tècnic*, 69, p. 7-18.
- LÓPEZ BUSTINS, J. A.; PLA, E.; NADAL, M. [et al.] (2014). «Global change and viticulture in the Mediterranean region: a case of study in north-eastern Spain». *Spanish Journal of Agricultural Research*, 12(1), p. 78-88.
- MARIS, S.; TEIRA, M. R.; CATALÀ, M. (2016). «Influence of irrigation frequency on greenhouse gases emissions from a paddy soil». *Paddy Water Environment*, 14, p. 199-210. DOI: 10.1007/s10333-015-0490-2.
- MARSAL, J.; LÓPEZ, G.; MATA, M. [et al.] (2006). «Branch removal and defruiting for the amelioration of water stress effects on fruit growth during stage III of peach fruit development». *Scientia Horticulturae*, 108, p. 55-60.
- MEDACC: *Adaptant la Mediterrània al canvi climàtic* [en línia]. <<http://medacc-life.eu/ca>> [Consulta: 5 maig 2016].
- MINISTERIO DE ECONOMÍA Y COMPTETITIVIDAD. SECRETARÍA DE ESTADO DE COMERCIO (2014). *DataComex: Estadísticas del comercio exterior español* [en línia]. <<http://datacomex.comercio.es>> [Consulta: 5 maig 2016].
- OCCC = OFICINA CATALANA DEL CANVI CLIMÀTIC (2014). *Cinquè informe de progrés a Catalunya sobre els*

- objectius de Kyoto* [en línia]. <http://canviclimatic.gencat.cat/web/.content/home/campanyes_i_comunicacio/publicacions/publicacions_de_canvi_climatic/Informes_de_progres_Kioto/Cinque-Informe-de-Progres_Final_amb-tapa.pdf> [Consulta: 5 maig 2016].
- PRADO, P.; ROQUE, A.; IBÁÑEZ, I. [et al.] (2016). «Warming and acidification-mediated survival to bacterial infection determine mortality and size patterns of larval stages of *Ostrea edulis*». *Marine Ecology Progress Series*, 545, p. 189-202.
- REGUANT, F. (2011). *Entendre l'agricultura: Una eina imprescindible per sortir de l'embolic del segle XXI*. Lleida: Pagès.
- REGUANT, F.; BONET, R. (2013). «Llegendes i estadístiques sobre l'agricultura i el món rural». *Quaderns Agraris*, 35, p. 25-49.
- RIBAS, A.; LLURBA, R.; GOURIVEAU, F. [et al.] (2015). «Plant identity and evenness affect yield and trace gas exchanges in forage mixtures». *Plant and Soil*, 391, p. 93-108.
- RUFAT, J.; GIRONA, J.; ARBONÉS, A. [et al.] (2006). «Millora de l'eficiència de l'aigua de reg en panís. Estudi comparatiu del reg a pressió respecte al reg a manta en l'àrea regable dels Canal d'Urgell (Lleida)». *Dossier Tècnic*, 11, p. 3-6.
- SANTIVERI, F.; ROBLES, J.; LLOVERAS, J. [et al.] (2014). «Comparison of sustainability between organic and conventional wheat production». A: PEPÓ, P.; CSAJBÓK, J. (ed.). *Book of abstracts of the XIII European Society of Agronomy Congress*. Debrecen: University of Debrecen, p. 351-352.
- SAVÉ, R.; HERRALDE, F. DE; ARANDA, X. [et al.] (2012). «Potential changes in irrigation requirements and phenology of maize, apple trees and alfalfa under global change conditions in Fluvià watershed during XXIst century: Results from a modeling approximation to watershed-level water balance». *Agricultural Water Management*, 114, p. 78-87.
- SMITH, P.; BUSTAMANTE, M.; AHAMMAD, H. [et al.] (2014). «Agriculture, forestry and other land use (AFOLU)». A: IPCC = INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. *Climate change 2014: Mitigation of climate change. Contribution of Working Group III to the Fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (AR5)*. Edició d'O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona [et al.]. Cambridge, etc.: Cambridge University Press, p. 1-179. També disponible a: <https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/ipcc_wg3_ar5_chapter11.pdf> [Consulta: 5 maig 2016].
- TEIRA, M. R. (2008). *Informe per a la millora de la gestió dels purins porcíns a Catalunya*. Barcelona: Generalitat de Catalunya.
- TROADEC, J. P. (2000). «Adaptation opportunities to climate variability and change in the exploitation and utilisation of marine living resources». *Environmental Monitoring and Assessment*, 61, p. 101-112.
- TUOMISTO, H. L.; HODGE, I. D.; RIORDAN, P. [et al.] (2012). «Does organic farming reduce environmental impacts? A meta-analysis of European research». *Journal of Environmental Management*, 112, p. 309-320.
- ZUCCARINI, P.; SAVÉ, R. (2015). «Three species of arbuscular mycorrhizal fungi confer different levels of resistance to water stress in *Spinacia oleracea* L.». *Plant Biosystems*. DOI: 10.1080/11263504.2014.994575.