

ANÀLISI DEL POTENCIAL DELS BIORECURSOS GENERATS I DEMANDATS PEL SECTOR PRIMARI A LES COMARQUES DE PONENT

Francesc Prenafeta
Belén Fernández
Inma Funes



**Generalitat
de Catalunya**



**Institut
de Recerca i Tecnologia
Agroalimentàries**



**Green & Circular
Ponent**

Projecte
d'Especialització i
Competitivitat
Territorial (PECT)

Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries

Torre Marimon
08140 Caldes de Montbui, Barcelona
Tel. +34 93 467 40 40
Fax +34 93 467 40 42
irta@irta.cat, www.irta.cat

ANÀLISI DEL POTENCIAL DELS BIORECURSOS GENERATS I DEMANDATS PEL SECTOR PRIMARI A LES COMARQUES DE PONENT

INFORME FINAL DE L'ACTIVITAT

Revisió: v10

Data: 1/3/2023

ACTIVITAT DE RECERCA REALITZADA AMB:

Patronat de Promoció Econòmica de la Diputació de Lleida
Carrer del Carme 26, 25007 Lleida
973 24 92 00

Persona de contacte: [Francesc Prenafeta Boldú \(francesc.prenafeta@irta.cat\)](mailto:francesc.prenafeta@irta.cat)

Aquest treball ha estat elaborat per encàrrec del Patronat de Promoció Econòmica de la Diputació de Lleida i per l'Oficina Tècnica de la Transformació Econòmica (OTT), dins del marc del projecte d'Especialització i Competitivitat Territorial (PECT) Green&Circular b. Ponent. L'estudi ha estat cofinançat per la Generalitat de Catalunya, dins del marc del PO FEDER de Catalunya 2014-2020.

RESUM EXECUTIU	3
1. INTRODUCCIÓ	4
1.1. Antecedents i abast	5
1.2. Objectius.....	6
2. EL SISTEMA AGROALIMENTÀRIA A LES COMARQUES DE PONENT.....	7
2.1. Explotacions agrícoles	7
2.2. Explotacions ramaderes	9
2.3. Biorefineries i centres de valorització dels residus orgànics	10
3. ESTIMACIÓ DE LA DEMANDA DE PRODUCTES I ENERGIA NO RENOVABLES	15
3.1. Consum de fertilitzants inorgànics	15
3.2. Consum de combustibles fòssils.....	17
3.3. Consum de plàstics.....	21
4. POTENCIAL DE SUBSTITUCIÓ DE RECURSOS NO RENOVABLES PER BIORECURSOS	24
4.1. Bioproductes	24
4.2. Energies renovables	33
4.3. Obtenció d'altres compostos i amb valor afegit	37
5. NECESSITAT DE REEMPLAÇAMENT DELS RECURSOS NO RENOVABLES	43
5.1. Bioproductes i el seu impacte potencial sobre l'estructura de costos.....	43
6. CONCLUSIONS.....	48
7. BIBLIOGRAFIA CIENTÍFICA CONSULTADA.....	51

RESUM EXECUTIU

Les comarques de Ponent (Garrigues, Noguera, Pla d'Urgell, Segarra, Segrià, i Urgell) conformen una regió geoclimàtica inclosa dins la Depressió Central de Catalunya, que es caracteritza pel seu clima mediterrani continental. Històricament, l'economia d'aquest territori s'ha centrat en l'agricultura i la indústria transformadora dels aliments. La importància del sector agroalimentari converteix les comarques de Ponent en un laboratori únic alhora d'implementar, assajar, i valorar noves formes de producció alimentària basats en els principis definits a l'Estratègia de la Bioeconomia de Catalunya (EBC2030). Per facilitar la transició de l'estructura productiva actual cap a un model basat en l'economia verda i sostenible, cal conèixer la potencial demanda i generació dels biorecursos sobre el territori, la contribució a la sostenibilitat que aporten aquests biorecursos, i les principals barreres existents pel seu aprofitament.

L'objectiu del present informe és el de fer una estimació, de forma territorialitzada en l'àmbit de les comarques de Ponent, tant de l'oferta com la demanda potencial dels principals productes i energia de base biològica, per part de les explotacions agrícoles i ramaderes, i analitzar el potencial de substitució d'uns pels altres. Aquests biorecursos inclouen els fertilitzants de base orgànica, la bioenergia (biomassa, biogàs, i biocarburants) i les energies renovables (solar fotovoltaica), així com altres bioproductes de valor afegit (bioplàstics, additius alimentaris, molècules bioactives, etc.). El document s'ha estructurat al voltant de sis capítols, corresponents a una introducció amb els antecedents, abast i objectius de l'estudi (capítol 1), seguit per una descripció del sistema agroalimentari de les comarques de Ponent (capítol 2). Posteriorment s'ha fet una estimació quantitativa del consum de recursos d'origen no renovables (capítol 3), i dels biorecursos anàlegs corresponents (capítol 4), així com de les principals barreres i incentius per a la substitució d'uns pels altres (capítol 5). L'estudi finalitza amb les conclusions (capítol 6), que s'exposen de forma sintètica com a llistat dels principals punts, i la bibliografia científic-tècnica consultada.

En termes quantitius, el principal biorecurs valoritzable generat pel sector agroalimentari a les comarques de Ponent són les dejeccions ramaderes, seguides per altres residus orgànics de la transformació agroalimentària. A partir d'aquests es poden recuperar els nutrients que, en funció del seu grau de transformació i puresa, tenen el potencial de substituir bona part dels fertilitzants inorgànics necessaris. En funció de la puresa dels nutrients d'origen orgànics i de la concreció de la normativa dels fertilitzants orgànics, pel que fa a la Directiva dels Nitrats, aquests estaran subjectes a més o menys restriccions d'aplicació. Una important opció de processament de dejeccions i residus orgànics consisteix a produir biometà, un anàleg renovable del gas natural que es pot injectar a la xarxa, mitjançant les tecnologies de la digestió anaeròbia i la purificació del biogàs. És imprescindible, però, que ambdues rutes de valorització, la dels fertilitzants i el biometà, vagin coordinades per tal que la seva implementació al territori sigui equilibrada. El compostatge de fems i residus orgànics sòlids també és una opció consolidada per generar fertilitzants d'alt valor, i sovint complementa la digestió anaeròbia. Aquestes tecnologies haurien de ser el "pal de paller" de la majoria de biorefineries, sobre les quals pivotin altres processos sinèrgics de valorització en cascada dels biorecursos d'origen agroalimentari. A partir d'aquests es possible manufacturar o extreure una àmplia gamma de productes (biocombustibles, additius, proteïnes alternatives, molècules bioactives, etc.) i materials (fibres, bioplàstics, materials de construcció, etc.) amb un alt valor afegit. No obstant això, moltes d'aquestes tecnologies es troben en un estadi de desenvolupament i/o implementació relativament incipient encara.

1. INTRODUCCIÓ

La bioeconomia és un nou model econòmic basat en la producció de recursos biològics renovables i la conversió d'aquests biorecursos en productes amb valor afegit, com ara bioproductes, bioenergia i serveis. Aquest model sorgeix com a resposta als reptes mediambientals i socials actuals per garantir el subministrament i el repartiment just dels aliments, mitigar els efectes del canvi climàtic i reduir la dependència dels combustibles fòssils. A més, permet generar noves oportunitats per al desenvolupament econòmic en l'àmbit rural, contribuint de forma significativa a l'equilibri territorial. En resum, la bioeconomia pretén promoure l'ús de recursos renovables basats en la biomassa per substituir-ne d'altres basats en combustibles fòssils i recursos no renovables, per tal d'aconseguir productes més sostenibles. D'aquesta manera, es contribueix a la sostenibilitat de l'economia en general i s'involucra una multitud d'indústries i serveis en aquest model econòmic nou.

La implementació eficient d'un model econòmic basat en la bioeconomia requereix d'una aproximació tècnica interdisciplinària i de la coordinació dels diferents agents socials, econòmics, i de l'administració pública. Per aquest motiu, cada cop més regions i països estan desenvolupant la seva pròpia estratègia de la bioeconomia, per tal d'establir un pla d'acció que estigui adaptat als condicionants i recursos que els són específics. Catalunya no és una excepció i el Govern de la Generalitat (Acord de Govern GOV/23/2020) ha definit l'Estratègia de la Bioeconomia de Catalunya 2021-2030 (EBC2030)¹. En el Pla d'Acció del EBC2030 s'han prioritzat les següents cadenes de valor:

- La millora de la gestió forestal i l'aprofitament dels recursos forestals.
- La creació de paisatges agroforestals resilients i la provisió sostenible de serveis ecosistèmics.
- La valorització de les dejeccions ramaderes i altres residus orgànics.
- La valorització de co-productes i subproductes de la cadena alimentària.

La priorització que fa l'EBC2030 es correspon amb la importància del sector agro-ramader i forestal a Catalunya. Tradicionalment, l'aprofitament de la biomassa residual o secundària s'ha plantejat fonamentalment com a fertilitzant (en el cas de les dejeccions ramaderes), o per a l'obtenció d'energia a partir de biogàs (dejeccions ramaderes i residus orgànics en general) o pèl·lets (residus fustaners). Aquesta primera aproximació, que actualment encara s'aplica de forma ineficient en molts casos, cal que es millori i s'expandeixi, però també que es complementi amb un aprofitament en cascada de les diferents fonts biomassa per tal d'obtenir productes amb un valor afegit més elevat, com ara molècules bioactives (per exemple antioxidants, proteïnes o pigments) o biomaterials (com ara els bioplàstics). Posteriorment és quan s'ha de prioritzar la recuperació de nutrients per a la fertilització agronòmica, i només en darrer terme s'ha procedir a la combustió de la biomassa per a fins energètics sempre que sigui possible, abans de l'abocament final (Figura 1.1). Aquesta jerarquia dels usos dels diferents subproductes i residus orgànics ha de guiar l'elaboració i implementació d'una estratègia basada en la bioeconomia circular sostenible, especialment quant aquesta es desenvolupa a una escala territorial i en funció de la viabilitat tècnica i econòmica de les diferents rutes de valorització.

¹ RuralCat: <https://ruralcat.gencat.cat/web/guest/bioeconomia/ebc2030>

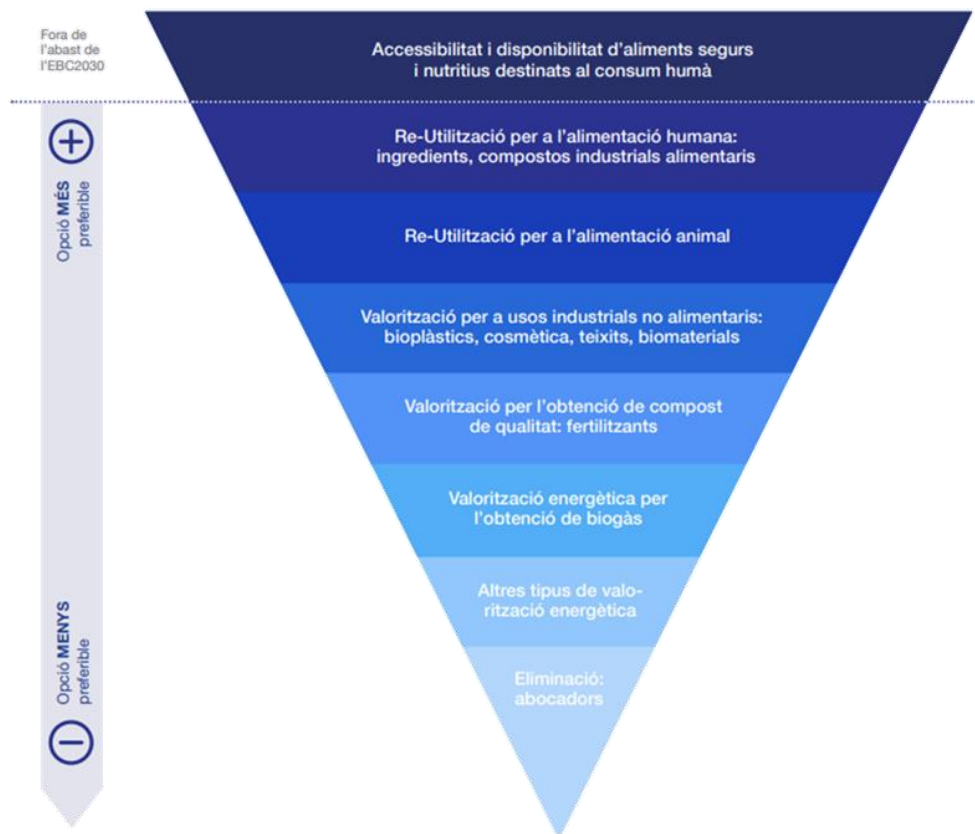


Figura 1.1. Jerarquia per l'aprofitament i usos dels subproductes i residus orgànics procedents de la cadena alimentària (Font: EBC2030).

1.1. Antecedents i abast

L'àmbit del present estudi es centra en l'activitat del primer sector de les comarques de Ponent (Garrigues, Noguera, Pla d'Urgell, Segarra, Segrià, i Urgell), i s'emmarca dins de l'actuació del projecte PECT GREEN&CIRCULAR b PONENT, coordinat pel Patronat i Transformació Econòmica, de la Diputació de Lleida. Aquest projecte ha estat cofinançat per la Generalitat de Catalunya, dins del marc del PO FEDER de Catalunya 2014-2020. Així mateix, l'estudi complementa i amplia els resultats de l'informe sobre la *Identificació i Quantificació de Subproductes d'Origen Biològic d'Interès pel BIOHUB CAT*² pel que fa l'anàlisi del potencial bioeconòmic de les comarques de Ponent, elaborat per EURECAT dins el marc del mateix projecte.

1.1.1. Nota metodològica

Pel que fa a les xifres econòmiques del sector primari en l'àmbit d'aquest estudi, s'ha pres com a referència els *Estudis de Costos i Rendes de les Explotacions de les explotacions Agrícoles (ECREA)*³ publicats pel Ministeri d'Agricultura Pesca i Alimentació del Govern Central. Les dades estadístiques primàries sobre l'estructura del sector agroalimentari provenen de diferents repositoris, com ara l'Institut d'Estadística de Catalunya (IDESCAT)⁴, el Portal Transparència Catalunya⁵, o el Departament d'Acció

² Projecte PECT GREEN&CIRCULAR PONENT: <https://promocioeconomica.cat/pect-green-circular/documentacio/>

³ MAPA: <https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/analisis-y-prospectiva/ECREA.aspx>

⁴ IDESCAT: <https://www.idescat.cat/>

⁵ Portal Transparència Catalunya: <https://www.transparenciacatalunya.cat/>

Climàtica, Alimentació i Agenda Rural (DACC)⁶, tots ells dependents de la Generalitat de Catalunya. Pel que fa als conreus agrícoles, també s'han recollit i analitzat les dades de les Declaració Única Agrària (DUN)⁷ i del Sistema d'Informació Geogràfica de Parcel·les Agrícoles (SIGPAC)⁸. Les dades corresponents a les explotacions ramaderes s'han obtingut del Registre d'Explotacions Ramaderes del DACC⁹.

Pel que fa al l'estimació de les emissions de gasos d'efecte hivernacle (GEH), s'han fet servir els factors d'emissió publicats per l'Agència Francesa per a la Transició Ecològica (ADEME)¹⁰, calculats d'acord amb la metodologia *Bilan Carbone*TM. D'altres aspectes tècnics més concrets, com ara els diferents factors de correlació i conversió utilitzats s'han consultat referències bibliogràfiques de la literatura tècnica i científica, i que es llisten a l'apartat de bibliografia al final de l'estudi, així com altres documents de caràcter normatiu generalment en format digital i disponibles a la xarxa, que es van referenciant a peu de pàgina en el text allà on es mencionen.

1.2. Objectius

El propòsit d'aquest estudi és el de fer una quantificació de la potencial oferta i demanda de bioproductes, biocarburants, bioenergia i energies renovables per part de les explotacions agrícoles i ramaderes, i les indústries transformadores associades, existents en l'àmbit territorial de les comarques de Ponent. Aquesta quantificació parteix de l'ús actual de recursos no renovables susceptibles de ser reemplaçats pels biorecursos abans esmentats, i s'identifiquen les principals barreres que hi poden haver per a la seva substitució des d'una perspectiva bioeconòmica basada en la sostenibilitat, entesa des de les perspectives de viabilitat tècnica, del benefici socioeconòmic i d'impacte ambiental.

Per tal d'assolir aquest objectiu general, s'han definit una sèrie d'objectius parcials:

1. Fer una anàlisi de la documentació de referència per determinar la tipologia de consumibles d'origen fòssil no renovable susceptibles de ser reemplaçats per consumibles d'origen biològic i/o renovable que formen part de l'estructura de costos de producció de les explotacions agrícoles i ramaderes.
2. Estimar, per tipologia de consumible d'origen fòssil no renovable identificat, el volum consumit anualment per part de les explotacions agrícoles i ramaderes existents en l'àmbit territorial de Ponent.
3. Valorar econòmicament el pes d'aquests consumibles en l'estructura de costos de producció de les explotacions agrícoles i ramaderes. Fer una valoració mediambiental, en termes d'emissions de CO₂ equivalents, de l'impacte de l'ús d'aquests consumibles.
4. Justificar el potencial i la necessitat de reemplaçament dels consumibles identificats per d'altres d'origen biològic renovable, tenint en compte els objectius europeus fixats en el marc de l'estratègia del camp a la taula.
5. Determinar la tipologia de bioproductes, biocarburants, bioenergia i energies renovables disponibles al mercat per a fer efectiu el potencial de reemplaçament justificat en l'objectiu anterior.
6. Fer un estudi detallat de quines fonts d'energia consumides per les empreses del sector primari de l'àmbit territorial de les comarques de Ponent es podrien abastir a partir de biocarburants, bioenergia o energies renovables.

⁶ DACC: <https://agricultura.gencat.cat/ca/departament/estadistiques/agricultura/>

⁷ DUN: <http://agricultura.gencat.cat/ca/ambits/desenvolupament-rural/declaracio-unica-agraria/>

⁸ SIGPAC: <http://agricultura.gencat.cat/ca/ambits/desenvolupament-rural/sigpac/>

⁹ <http://agricultura.gencat.cat/ca/serveis/registres-oficials/ramaderia-sanitat-animal/registre-explotacions-ramaderes/>

¹⁰ ADEME: <https://bilans-ges.ademe.fr/en/accueil>

2. EL SISTEMA AGROALIMENTÀRIA A LES COMARQUES DE PONENT

Les Terres de Ponent és una regió natural al voltant de la ciutat de Lleida, que comprèn les comarques de del Segrià, la Noguera, el Pla d'Urgell, l'Urgell, la Segarra i les Garrigues. Té una superfície total de 5.586 km², i una població de 360.510 habitants. Després de Lleida, els principals nuclis de població són les ciutats de Balaguer, Tàrrrega i Mollerussa. Altres poblacions importants són Cervera, les Borges Blanques, Agramunt, Artesa de Segre, i Ponts. L'economia se centra en l'agricultura, si bé les poblacions importants tenen una gran concentració de serveis i indústria transformadora d'aliments. A nivell geogràfic, les comarques de Ponent abracen el sector de ponent de la Depressió Central Catalana, formada per una extensa plana que s'estén al sud dels Pirineus, i que té el riu Segre com a eix principal. Aquest territori és contigu amb les terres d'Aragó per la banda oest, mentre que els altiplans de la Segarra a l'est separen aquest territori de l'anomenada Catalunya Central, i al sud s'estén fins a la barrera muntanyosa del Montsant i la Vall de l'Ebre.

El clima és mediterrani amb tendència continental, propi de les terres interiors de Catalunya en les que l'entrada d'aire humit i temperat de la Mediterrània troba l'obstacle dels sistemes muntanyosos pròxims al litoral, el que determina un clima més sec i amb majors oscil·lacions tèrmiques que a la resta del país. La sequedat del clima s'ha compensat gràcies als recursos hidrològics que aporta el riu Segre, mitjançant la construcció durant la segona meitat del segle XIX del canal d'Urgell. Aquesta xarxa de canals irriga unes 70.000 ha de conreus a les comarques de l'Urgell, Segrià, Pla d'Urgell, Noguera i Garrigues, proporcionant un gir radical en l'economia i la fisonomia d'aquestes terres. La superfície de regadiu s'està veient ampliada gràcies al canal Segarra-Garrigues, una infraestructura hidràulica dissenyada per crear 70.000 noves ha de regadiu a les comarques de la Noguera, la Segarra, el Pla d'Urgell, l'Urgell, el Segrià i les Garrigues. Són també importants els regadius que proporcionen el canal de Pinyana i el canal d'Aragó i Catalunya, a l'oest, limítrof amb les terres aragoneses. Aquest últim aprofita l'aigua dels rius Éssera i Cinca, riu que afluïx al Segre a la Granja d'Escarp.

2.1. Explotacions agrícoles

D'acord amb les dades més recents disponibles a l'IDESCAT sobre la distribució de la superfície agrària útil (SAU) corresponents a l'any 2009¹¹, a les comarques de Ponent hi havia 335.947 ha de conreu, això és un 29,3% de la SAU total de Catalunya per aquest mateix any (1.147.532 ha). D'aquestes, 202.156 ha es trobaren en règim de propietat mentre que 83.997 ha varen ser arrendades i 49.794 ha varen estar en parceria o d'altres règims de tinença. En total, hi havia 17.293 explotacions agràries, 13.716 de les quals tenien terres pròpies sense ramaderia, 3.056 amb ramaderia associada, i 521 explotacions no tenien terres pròpies. Segons aquestes mateixes dades, el 89% de la SAU a les comarques de Ponent, prop de 300.000 ha (Taula 2.1), va ser efectivament conreada. Entre els principals cultius herbacis va predominar amb molta diferència els cereals de gra, mentre que la fruita dolça i l'olivera varen ocupar la major superfície conreada amb cultius llenyosos.

Taula 2.1. Distribució de la superfície conreada a les comarques de Ponent (Font: IDESCAT, 2009).

Conreus herbacis	Àrea (ha)	Conreus llenyosos	Àrea (ha)
Cereals en gra	158.961	Fruita dolça	36.451
Farratges	32.574	Olivera	35.485
Hortalisses	1.058	Fruita seca	16.211
Llegums en gra	264	Vinya	4.614
Conreus industrials	108	Planters	384
Patata	72	Cítrics	128
Altres	298	Altres	169
Guarets	11.839		
Subtotal	206.145		93.442
Total			299.587

¹¹ Aquestes dades s'actualitzen cada 10 anys per part de l'IDESCAT, però durant l'elaboració d'aquest informe les dades corresponents al 2019 encara no han estat publicades.

A partir de la DUN i del SIGPAC corresponents a l'any 2020, s'ha elaborat un mapa de cultius (Figura 2.1) amb dades més actualitzades, per tal de poder fer les estimacions i avaluacions que es requereixen en aquest informe. D'una banda, s'ha pogut treballar amb els cultius a escala d'espècie com ho fa la DUN, i d'altra banda tenint en compte tota la superfície conreada (declarada o no) a la zona d'estudi com ho fa el SIGPAC.

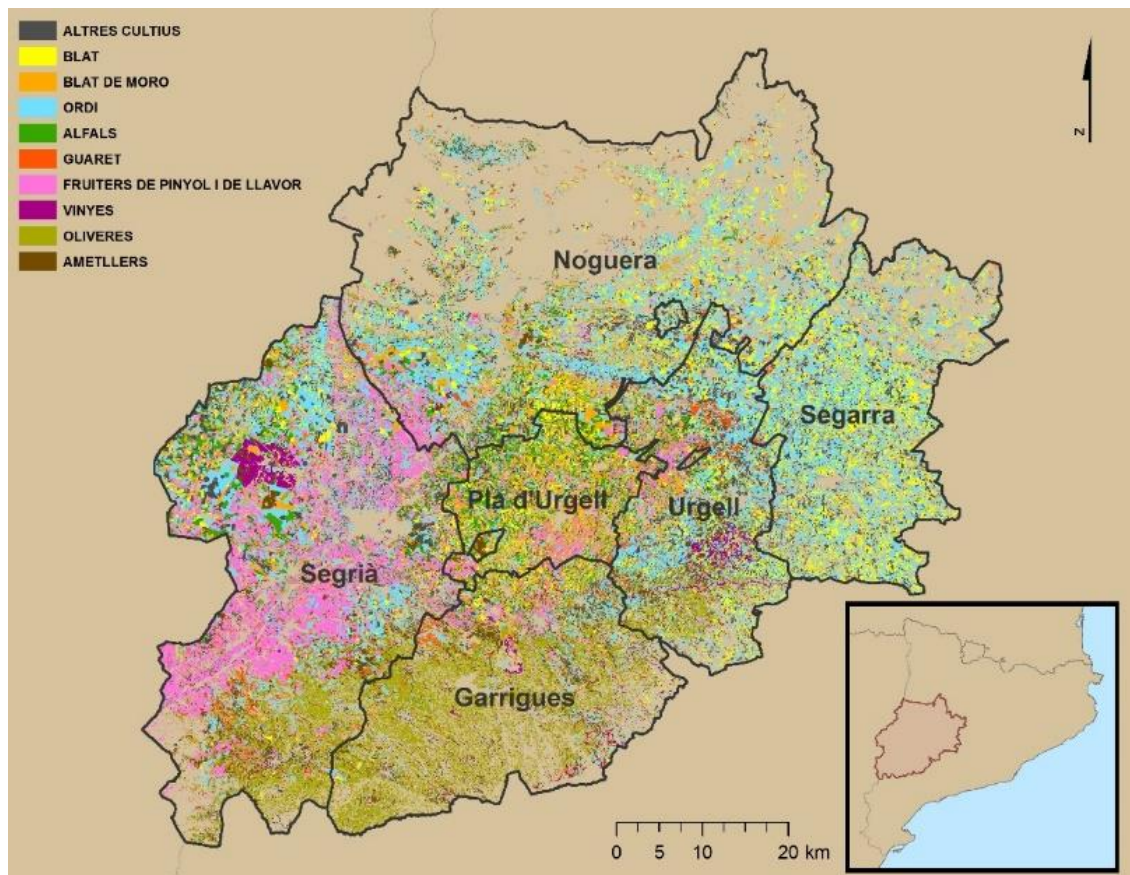


Figura 2.1. Mapa de cultius a les comarques de Ponent (Font: elaboració pròpia a partir de les dades de la DUN-SIGPAC 2020).

La Figura 2.1 il·lustra la delimitació i tipus de conreu a les parcel·les agràries de les comarques de Ponent. Es pot apreciar l'estructura territorial dels diferents sistemes agraris predominants, com ara la zona eminentment fructícola de regadiu de la plana central del Segrià, amb el nucli vitivinícola de Raimat, en contrast amb la producció oleícola del sud d'aquesta comarca i la de les Garrigues, o les zones de conreus extensius de cereals i lleguminoses de l'Urgell, la Segarra, i part de la Noguera. El tipus i importància d'aquets conreus es detalla a la Taula 2.2, obtingudes a partir de la DUN. A partir d'aquestes dades més recents, es pot verificar que la superfície total conreada l'any 2020 va ser de 306.838 ha, valor que coincideix força amb la de l'any 2009 recollida per l'IDESCAT (Taula 2.1). D'acord amb la DUN, el conreu d'ordi, blat, oliveres, fruiters de pinyol i llavor, blat de moro, alfals i ametllers suposa el 83,6% de tota la superfície agrària disponible, el 88,4% si s'exclou el guaret.

Taula 2.2. Principals conreus i superfície conreada a les comarques de Ponent (Font: DUN 2020).

Conreu	Àrea conreada (ha)
Ordi	88.186
Blat	40.581
Oliveres	39.183
Fruiters de pinyol i llavor	33.887
Blat de moro	20.100
Alfals	17.540
Ametllers	16.940
Resta de conreus	33.503
Guarets	16.919
Total	306.838

2.2. Explotacions ramaderes

Pel que fa a les explotacions ramaderes, les dades de l'IDESCAT estan més actualitzades que les corresponents als conreus, en relació amb el nombre d'explotacions i la seva capacitat (any 2021), però no pel que fa al nombre de caps dels animals (les últimes dades disponibles són de l'any 2009). El 2021 es varen censar un total de 4.706 explotacions ramaderes a les comarques de Ponent, amb una capacitat per a 5.018.397 places animals, sense comptar l'equí, els conills ni l'aviram, que predominantment es corresponen al porcí, i en menor mesura boví, oví i cabrum (Taula 2.3).

Taula 2.3. Distribució de les explotacions ramaderes en funció de l'espècie animal, capacitat i nombre de caps a les comarques de Ponent (Font: IDESCAT).

Espècie ramadera	Nombre d'explotacions ^a	Nombre de places ^a	Nombre de caps ^b
Boví	1.555	224.033	132.308
Oví	325	147.014	128.207
Cabrum	247	30.021	10.486
Porcí	2.579	4.617.329	3.202.019
Equí	-	-	924
Conills	-	-	61.650
Aviram	-	-	19.863.527
Total	4.706	5.018.397	23.399.121

^a Dades de 2021. ^b Dades de 2009.

Per tal de visualitzar la densitat ramadera, tant en termes de nombre i tipus d'explotacions, com dels animals, s'han elaborat diversos mapes de distribució a partir de les dades del Registre d'Explotacions Ramaderes del DACC (darrera actualització del 01/07/2022), on totes les explotacions ramaderes estan geolocalitzades (Figura 2.2). Els majors nuclis de concentració, tant de les explotacions ramaderes com del nombre de places es produeixen a la franja central-oest del Segrià (municipis d'Almacelles i Alcarràs, essent aquest darrer el major focus de concentració ramadera), al nord de la comarca de les Garrigues (municipis de Juneda i Arbeca), i al sud-est de la Noguera (municipis de Vallfogona de Balaguer, Bellcaire, Bellmunt, Montgai, i Preixens).

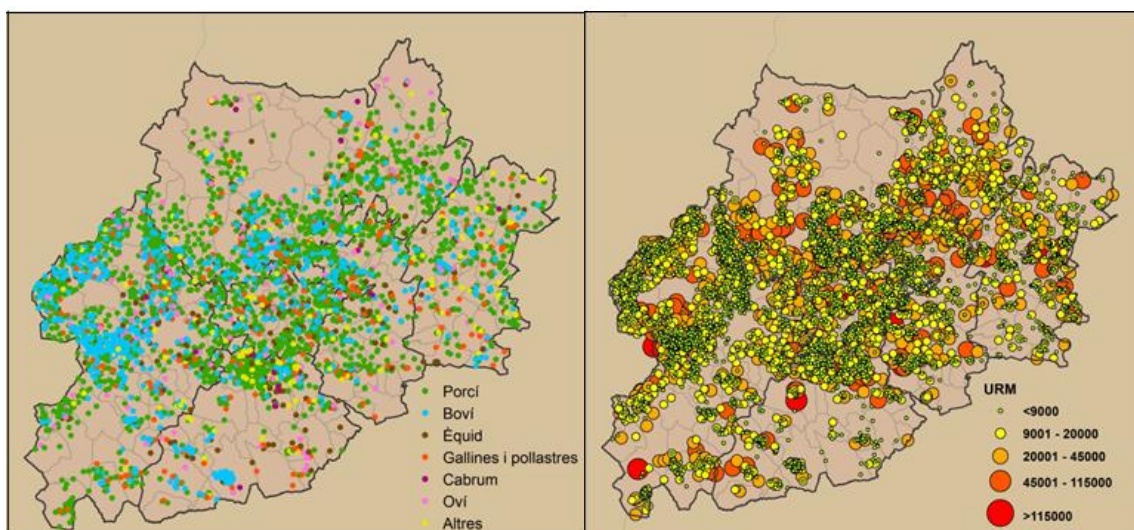


Figura 2.2. Localització de les explotacions ramaderes i tipologia de les explotacions ramaderes de les comarques de Ponent per espècie animal (esquerra), i dimensió de les explotacions (en URM¹²; unitats ramaderes majors).

2.3. Biorefineries i centres de valorització dels residus orgànics

El concepte de biorefineria s'ha definit de forma genèrica com el d'una planta de processament de matèries primeres constituïdes per biomassa per generar i extreure un espectre de productes valuosos. De forma més específica, una biorefineria és una instal·lació que realitza un processament sostenible de la biomassa per produir un espectre de productes comercialitzables (aliments, pinsos, materials, productes químics) i energia (combustibles, electricitat, i calor), utilitzant una gran varietat de tecnologies de conversió de manera integrada.

Aquesta darrera definició és la que empra el *Bio-based Industry Consortium* (BIC)¹³. Segons el *Joint Research Council* (JRC), sobre els bioproductes amb un major potencial a la Unió Europea, la indústria de base biològica de la UE està evolucionant ràpidament, però encara falten dades clares sobre el desenvolupament d'aquest sector emergent. En un informe recent, el JRC ha establert una àmplia base de dades d'instal·lacions de la UE que s'agrupen en els següents 7 categories de bioproductes:

1. Productes químics de base biològica.
2. Biocombustibles líquids.
3. Compòsits i fibres d'origen biològic.
4. Pasta i polpa de paper.
5. Biometà.
6. Midó, sucre i productes derivats.
7. Fusta i derivats fustaners (serradores).

El portal del JRC no aporta informació detallada sobre aquestes biorefineries, com ara el nom i ubicació exacta de l'empresa, i dades sobre la quantitat i tipologia de les matèries primeres i els bioproductes generats. D'acord amb aquesta base de dades, a dia d'avui a Catalunya hi hauria 30 instal·lacions susceptibles de ser considerades com a biorefineries (Figura 2.3). Dues d'aquestes instal·lacions

¹² URM: Unitat ramadera major, utilitzada per als càlculs agronòmics i ramaders segons les conversions següents: bestiar boví de més de dos anys i equins de més de sis mesos, 1 UR; vedells de sis mesos a dos anys, 0,6 UR; truges, 0,5 UR; porcs d'engreix, 0,3 UR; ovelles i cabres, 0,15 UR; gallines ponedores, 0,016 UR; conilles reproductores, 0,014 UR; i pollastres d'engreix, 0,008 UR.

¹³ BIC: <https://biconsortium.eu/news/mapping-european-biorefineries>

correspondrien a plantes a escala pilot/demostració, mentre que les restants serien plantes industrials. La majoria de les biorefineries estarien dedicades a la producció de pasta i polpa de paper (16), i productes químics de base biològica (12), mentre que la resta elaborarien fibres i compòsits (3), i midó i sucres (2). Segons aquestes mateixes dades, a les comarques de Ponent només hi hauria tres biorefineries, dues dedicades a la pasta i polpa de paper i una als compòsits i fibres d'origen biològic. Una d'aquestes tres biorefineries tindria una dimensió corresponent a l'escala pilot/demostració i les altres dues serien instal·lacions industrials.

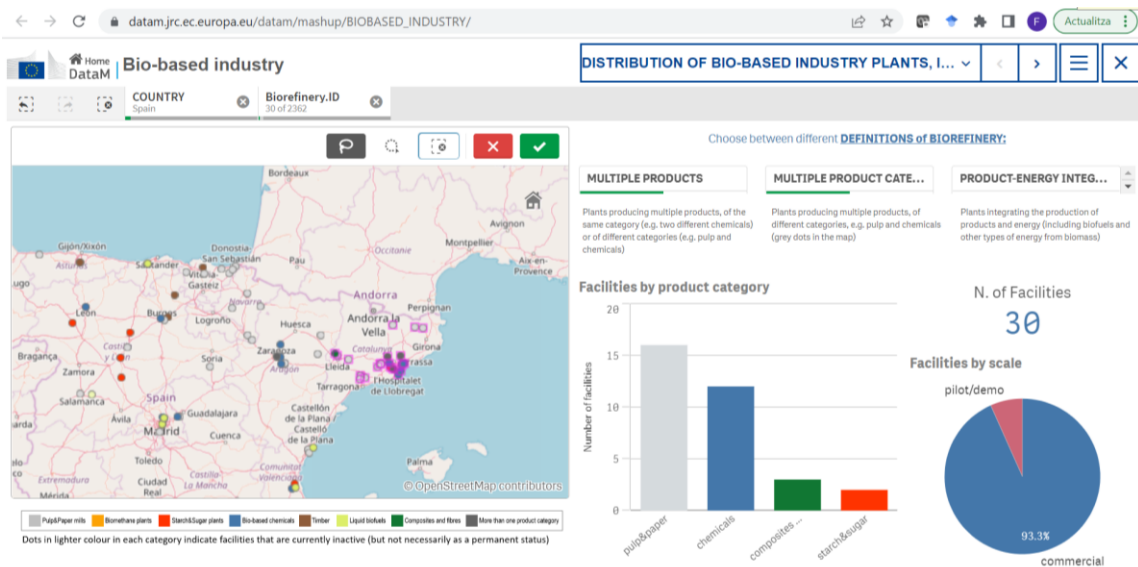


Figura 2.3. Biorefineries presents a Catalunya registrades a la base de dades DataM, elaborada pel Joint Research Council (Font: JRC 2022).

No sabem si alguna d'aquestes tres refineries que el JRC assigna a les comarques de Ponent correspon a la planta pilot per a la valorització dels residus del processat de la fruita que l'empresa Indulleida ha construït arran del projecte europeu AGRIMAX¹⁴. Aquest projecte, finalitzat l'any 2021, tenia per objectiu validar biorefineries a escala pilot que combinen tecnologies de processament innovadores dels subproductes de la indústria hortícola, per obtenir nous productes amb un valor afegit. En el cas concret de la biorefineria d'Indulleida, aquesta aprofita les tomates descartades per obtenir fraccions líquides i sòlides riques en carotenoides, polifenols i aromes per produir dolços, hamburgueses vegetals, sopes i productes de fleca. Per altra banda, encara que no entrin dins la definició de biorefineria, a les comarques de Ponent hi ha varies empreses que es dediquen a elaborar i/o comercialitzar bioproductes que entre plenament dins de l'àmbit de la bioeconomia (Taula 2.3), principalment pel que fa als biofertilitzants i altres productes fertilitzants orgànics especialitzats, la bioenergia (biogàs, biodièsel, i biomassa) i els biomaterials (bioplàstics). Algunes d'aquestes empreses formen part del Clúster d'Indústries de Bioproductes de Lleida (Lleida Biotech¹⁵).

També cal dir que d'acord amb el Registre General de Persones Gestores de Residus de Catalunya¹⁶, a les comarques de Ponent hi hauria prop d'un centenar d'empreses dedicades a la gestió de les diferents tipologies de residus. A la Figura 2.4 s'ha seleccionat i indicat la ubicació d'aquests gestors autoritzats que tracten i valoritzen residus orgànics, i s'han agrupat per les principals categories segons els principals processos de tractament definits al Registre: el tractament fisicoquímic i biològic, el compostatge, i el procés anaeròbic més el compostatge.

¹⁴ AGRIMAX: <https://agrimax.iris-eng.com/>

¹⁵ Lleida Biotech: <https://www.lleidabiotech.com/>

¹⁶ ARC: <https://sdr.arc.cat/modemp/ListGestors.do>

Taula 2.3. Llistat d'empreses amb seu a les comarques de Ponent que es dediquen a la manufactura i/o comercialització de bioproductes, o de les tecnologies i serveis relacionats amb aquests, exceptuant els gestors de residus (vegeu la Taula 2.4).

Bioproducte i empresa (web)	Municipi	Descripció
<i>Biofertilitzants</i>		
AXEB Biotech SL (http://www.axeb.net/)	Lleida	Fabricació de biofertilitzants i bioestimulats per al seu ús agrícola i en bioprocessos.
Biofertilitzants de Ponent SL (no disponible)	Lleida	Producció de fertilitzants orgànics a partir de les dejeccions ramaderes
Geaorgànica SL (http://geaorganica.com/)	Golmés	Assessoria i fabricació de biofertilitzants i bioestimulats per al seu ús agrícola.
<i>Biogàs</i>		
Ecobiogàs (http://www.ecobiogas.es/)	Vila-Sana	Implantació i gestió de plantes de biogàs a partir de residus agro-ramaders.
Ros Roca Enginyeria del Medi Ambient SL (https://www.rosroca.es/)	Tàrraga	Disseny i construcció de plantes de tractament de residus, incloses les de biogàs.
TUCME (http://www.tucme.com/)	Cubells	Consultoria i enginyeria energètica, també en l'àmbit del biogàs.
<i>Biodiesel</i>		
Amboli Energia de Casa SL (no disponible)	Juneda	Productora i comercialitzadora de biodièsel.
Grup Actel (https://actelgrup.com/)	Lleida	Cooperativa de fruita i derivats, gestionen una planta de producció de bioetanol.
<i>Biomassa</i>		
Natural 21 (no disponible)	Lleida	Transformadora de subproductes forestals en pellets.
<i>Bioplàstics</i>		
Alquienvas Group (https://www.alquienvas.com/)	Bellcaire d'Urgell	Comercialitzadora d'envasos de plàstic reciclat i bioplàstic.
Grupo Consist SA (http://www.grupoconsist.com/)	Agramunt	Fabricant d'envasos de paper, plàstic, i bioplàstic.

En total, a les comarques de Ponent hi ha 33 empreses gestores de residus orgànics (Taula 2.4) que estan ubicades predominantment a les comarques de la Noguera (11) i el Segrià (9), seguides pel Pla d'Urgell (7), i les Garrigues i l'Urgell (3). A la Segarra, en canvi, no hi ha cap gestor de residus orgànics donat d'alta. La major part d'aquests gestors processen dejeccions ramaderes i altres residus orgànics procedents de la indústria agroalimentària, però en menor mesura també ho fan d'altres materials com ara els fangs de depuradora i la fracció orgànica dels residus municipals. No sorprèn, doncs, observar com varies d'aquestes instal·lacions estan ubicades en nuclis d'elevada densitat ramadera com són, entre d'altres, els municipis d'Alcarràs, Juneda, o la zona de Balaguer (Figura 2.4).

En quant a la forma jurídica de les empreses d'aquest sector, predominen les petites i mitjanes empreses que es constitueixen com a societats limitades (SL), incloent-hi les unipersonals (SLU), però també hi ha algunes societats anònimes (SA) que pertanyen a grups empresarials que es poden considerar grans, com per exemple Grifó. En menor mesura, algunes empreses són cooperatives catalanes limitades (SCCL), societats civils limitades (SCL), i societats agràries de transformació (SAT).

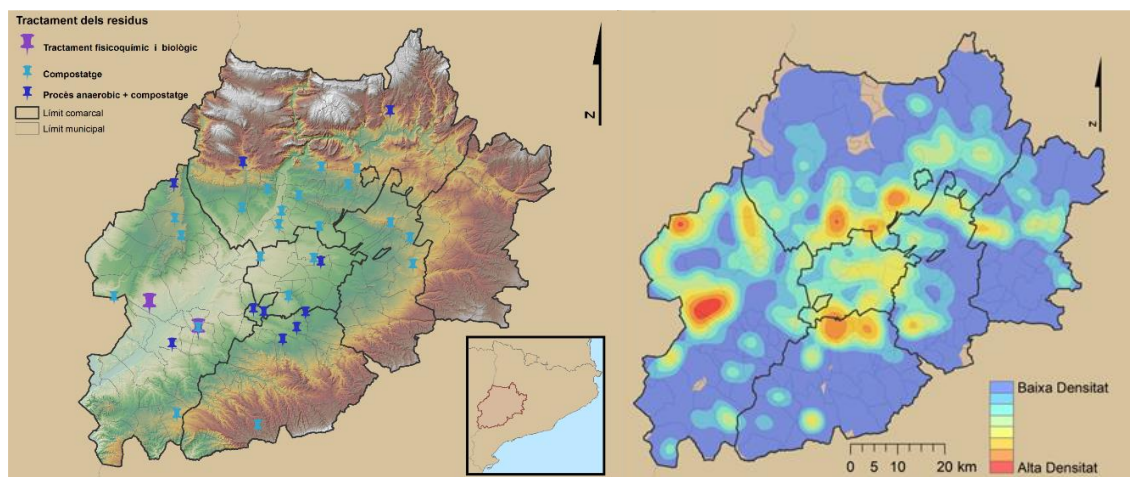


Figura 2.4. Localització del gestors de residus orgànics segons el tipus de tractament a les comarques de Ponent (esquerra): tractament fisicoquímic i biològic (lila), compostatge (verd), digestió anaeròbia i compostatge (blau); i mapa de calor de la densitat de les explotacions ramaderes (dreta).

De les empreses abans esmentades (Taula 2.4), n'hi ha unes poques que destaquen tenir un model de negoci clarament orientat a la producció de bioproductes d'alt valor afegit, més que no pas com a gestors convencionals que són fonamentalment retribuïts pel volum de residus tractats. Aquestes plantes, que actualment es centren en la producció de compost d'alta qualitat i biometà, estarien més a prop de la visió de biorefineria abans esmentada, i podrien constituir exemples interessants com a casos d'estudi a nivell demostratiu, per a l'avaluació de la seva sostenibilitat, la progressiva incorporació d'altres processos en cascada per a la seva conversió en biorefineries vertaderes, etc. En concret, se n'han identificat tres instal·lacions a destacar:

1. Alcarràs Bioproductors SAT CAT: Gestiona una planta per a l'elaboració de compost, la major part del qual és d'alta qualitat (apte per a l'agricultura ecològica), i que actualment té un preu de mercat proper a 70€ per tona. Es tracta d'una planta altament tecnificada, equipada amb ventilació forçada, recirculació de lixiviats, i sensors per a la monitorització del procés de compostatge, que produeix unes 70.000 tones anuals de compost.
2. Torre Santamaria SCCL: És una granja de 2.300 vaques de producció lletera que produeixen anualment uns 23 milions de kg de llet i 70.000 tones de purins. Gestionen una planta de digestió anaeròbia i de purificació del biogàs que produeix 6 milions de Nm³ de biometà (63 GWh) per a la seva injecció a la xarxa de gas natural (ha sigut la primera planta en l'àmbit agrari en aconseguir aquesta fita). Tot i no constar encara a la llista de la Taula 2.3 com a gestor de residus, actualment es troba en un procés d'ampliació per a poder tractar residus orgànics fora del marc agrari.
3. Porgaporcs SL: Gestiona una planta de tractament de purins de porc mitjançant la seva co-digestió amb altres residus de la indústria agroalimentària. El digerit produït es transforma en diversos productes fertilitzants de base orgànica gràcies a una bateria de processos que inclouen la separació sòlid-líquid, l'assecatge solar, el compostatge, i l'stripping-absorció de l'amoni (Figura 2.5; veieu la secció 5.1.3 per una descripció més detallada d'aquests processos i productes). Per altra banda, el biogàs generat es purifica a biometà i s'injecta a la xarxa de gas natural, aportant un equivalent energètic anual de 11,8 GWh. Aquesta planta ha funcionat com a una unitat demostrativa en el projecte europeu CIRCULAR AGRONOMICS¹⁷, fet que ha permès generar abundant informació sobre aquesta instal·lació.

¹⁷ CIRCULAR AGRONOMICS: <https://www.circularagronomics.eu/>

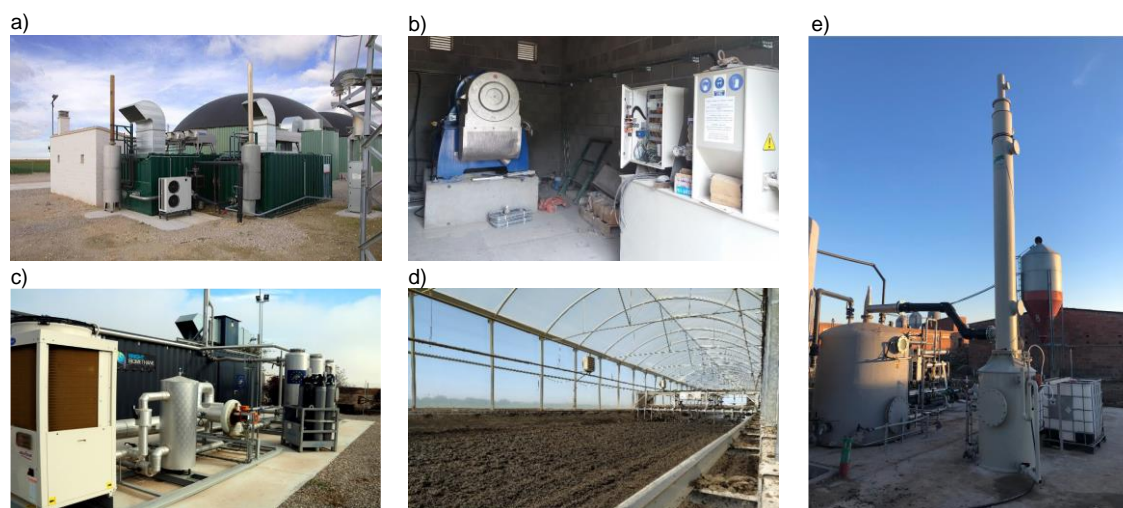


Figura 2.5. Combinació de processos per a la valorització de dejeccions ramaderes i residus orgànics agroalimentaris en forma de biometà i fertilitzants de base orgànica: (a) digestió anaeròbia, (b) separació sòlid-líquid del digerit, (c) purificació del biogàs i injecció del biometà a la xarxa de gas natural, (d) assecatge solar i compostatge de la fracció sòlida del digerit, i (e) stripping-absorció de l'amoni a la fracció líquida del digerit.

Taula 2.3. Llistat d'empreses amb seu a les comarques de Ponent que estan donades d'alta al Registre General de Persones Gestores de Residus de Catalunya pel tractament i valorització dels residus orgànics (Font: ARC).

Comarca i nom del gestor	Codi	Municipi	Descripció del tractament/valorització
<i>Garrigues</i>			
Ramaders de Juncosa SCCL	E-992.07	Juncosa	Compostatge
Tractaments de Juneda SA	E-771.02	Juneda	Procés anaerobi seguit d'un compostatge
Valoritzacions Agroramaderes les Garrigues SL	E-882.04	Juneda	Procés anaerobi seguit d'un compostatge
<i>Noguera</i>			
Adobs de Ponent SL	E-1338.12	Belcaire d'Urgell	Compostatge
Energisat Natura SL	E-1161.10	Os de Balaguer	Procés anaerobi seguit d'un compostatge
Granja Oms SCP	E-1152.10	Vallfogona de B.	Compostatge
Indufeco SL	E-867.04	Balaguer	Compostatge
Inferin SL	E-376.97	La Sentiu de Sió	Compostatge
Innoferti SL	E-1309.12	Alcoletge	Compostatge
Josep Maria Guàrdia Pijuan	E-977.07	Foradada	Compostatge
Panisec 2014 SL	E-1057.08	Artesa de Segre	Procés anaerobi seguit d'un compostatge
Ramaderia Bernaus SCP	E-1290.11	Montgai	Compostatge
Sustainable & Technical Agriculture SLU	E-353.97	Balaguer	Compostatge
T&B Worldwide Meat Company SL	E-1680.16	Balaguer	Compostatge
<i>Pla d'Urgell</i>			
Audax Green SL	E-1107.09	Torregrossa	Compostatge
Fertipoal SL	E-1080.08	El Poal	Compostatge
Makassar PV IV SL	E-1436.13	Torregrossa	Procés anaerobi seguit d'un compostatge
Nat Compo SL	E-914.05	Bellví	Compostatge
Porgaporcs SL	E-965.07	Vila-Sana	Procés anaerobi seguit d'un compostatge
Reig Pastor 1996 SL	E-1087.09	Torregrossa	Procés anaerobi seguit d'un compostatge
SC Valorizaciones Agropecuarias SL	E-1256.11	Miralcamp	Procés anaerobi seguit d'un compostatge
<i>Segrià</i>			
Alcarràs Bioproductors SAT CAT	E-1892.21	Alcarràs	Compostatge
Alcarràs Reciclatges de la Construcció SL	E-1220.11	Alcarràs	Centre de recollida i transferència
Bioenergia Almenar SL	E-1416.13	Almenar	Procés anaerobi seguit d'un compostatge
Compost Segrià SEGRIÀ SA	E-711.00	Alguaire	Compostatge
Consorti de Residus del Segrià (UTE SEGRIÀ)	E-1405.13	Lleida	Compostatge, tract. fisicoquímic i biològic
Desimpacte de Purins Alcarràs SA	E-620.99	Alcarràs	Tractament fisicoquímic i biològic
GRINÓ ECOLÒGIC, SA	E-871.04	Alguaire	Compostatge, estabilització
Llar Boví Agrària SAT	E-1830.20	Llardecans	Compostatge
Svendborg PV VII SLU	E-1369.13	Torres de Segre	Procés anaerobi seguit d'un compostatge
<i>Urgell</i>			
Consorti per a la Gestió dels Residus Urbans de l'Urgell	E-886.05	Tàrrega	Compostatge
Griño Ecològic SA	E-782.02	Puigverd d'A.	Compostatge
Josep Maria Pijuan Vall	E-1804.19	Ossó de Sió	Compostatge

3. ESTIMACIÓ DE LA DEMANDA DE PRODUCTES I ENERGIA NO RENOVABLES

En aquesta secció s'han identificat i quantificat les principals entrades de materials i energia d'origen no renovable als sistemes agro-ramaders de les comarques de Ponent. Les principals categories de productes analitzats són: els fertilitzants, l'energia, i altres productes diversos, especialment relacionats amb les fibres i materials per a certs usos, principalment els plàstics per l'embalatge dels productes alimentaris. Aquesta informació és fonamental per poder determinar el potencial de substitució d'aquests inputs per altres que d'origen biològic i/o renovable.

3.1. Consum de fertilitzants inorgànics

Els fertilitzants inorgànics són tots aquells que no provenen de la matèria orgànica, ja sigui perquè han estat sintetitzats per processos químics (és el cas del nitrogen amoniacal/urea produït gràcies al procés de Haber-Bosch), o mitjançant l'extracció de minerals (com la roca fosfòrica o la sal potàssica). Aquests productes fertilitzants es consideren no renovables ja que requereixen d'una demanda energètica molt elevada o perquè provenen directament de fonts no renovables. S'estima que el procés de Haber-Bosch consumeix entre el 3% i el 5% de la demanda mundial de gas natural, causant entre un 1% i 2% de les emissions antropogèniques globals de gasos d'efecte hivernacle (Wang et al. 2018). Pel que fa al fòsfor, el 70% de les reserves mundials de fosforita es troben al Sàhara occidental, una zona inestable en termes geopolítics, i s'estima que el pic de consum d'aquest mineral s'assolirà l'any 2030 (Cordell et al. 2009).

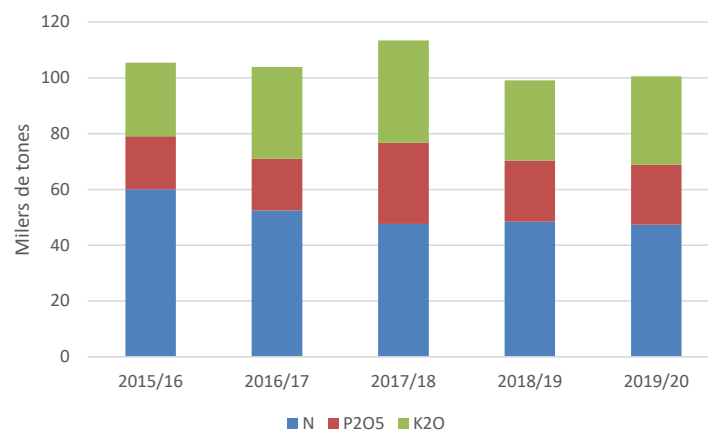


Figura 3.1. Evolució del consum dels principals nutrients agrícoles provinents de fertilitzants inorgànics a Catalunya (Font: ANFFE).

La *Asociación Nacional de Fabricantes de Fertilizantes* (ANFFE)¹⁸ va reportar el consum dels fertilitzants inorgànics a nivell de les comunitats autònomes. Les darreres dades disponibles per a Catalunya entre 2016 i 2020 indiquen que el consum total de fertilitzants inorgànics s'ha mantingut relativament estable, al voltant de les 100 kt de NPK¹⁹ però els d'origen nitrogenat s'han reduït un 8,5% (Figura 3.1). En concret, l'any 2020 es van consumir 47.398 t de N, 21.400 t de P₂O₅, i 31.747 t de K₂O. Les dades que ofereix la ANFFE són relativament semblants a les del MAPA²⁰, si bé les dades d'aquest darrer tendeixen a ser lleugerament inferiors. Així mateix, d'acord amb la ANFFE, les principals fabricants per a l'elaboració de fertilitzants inorgànics a Catalunya s'ubiquen al pol petroquímic de Tarragona (REPSOL), i a les mines de Síria (ICL). Per tant, aquest recurs no es produeix dins el territori subjecte al present estudi.

¹⁸ ANFFE: <http://www.anffe.com/>

¹⁹ NPK: Acrònim de la relació màssica entre els elements químics Nitrogen total, Fòsfor (en termes equivalents de P₂O₅) i Potassi (en termes equivalents de K₂O) presents en els fertilitzants.

²⁰ MAPA: <https://www.mapa.gob.es/>

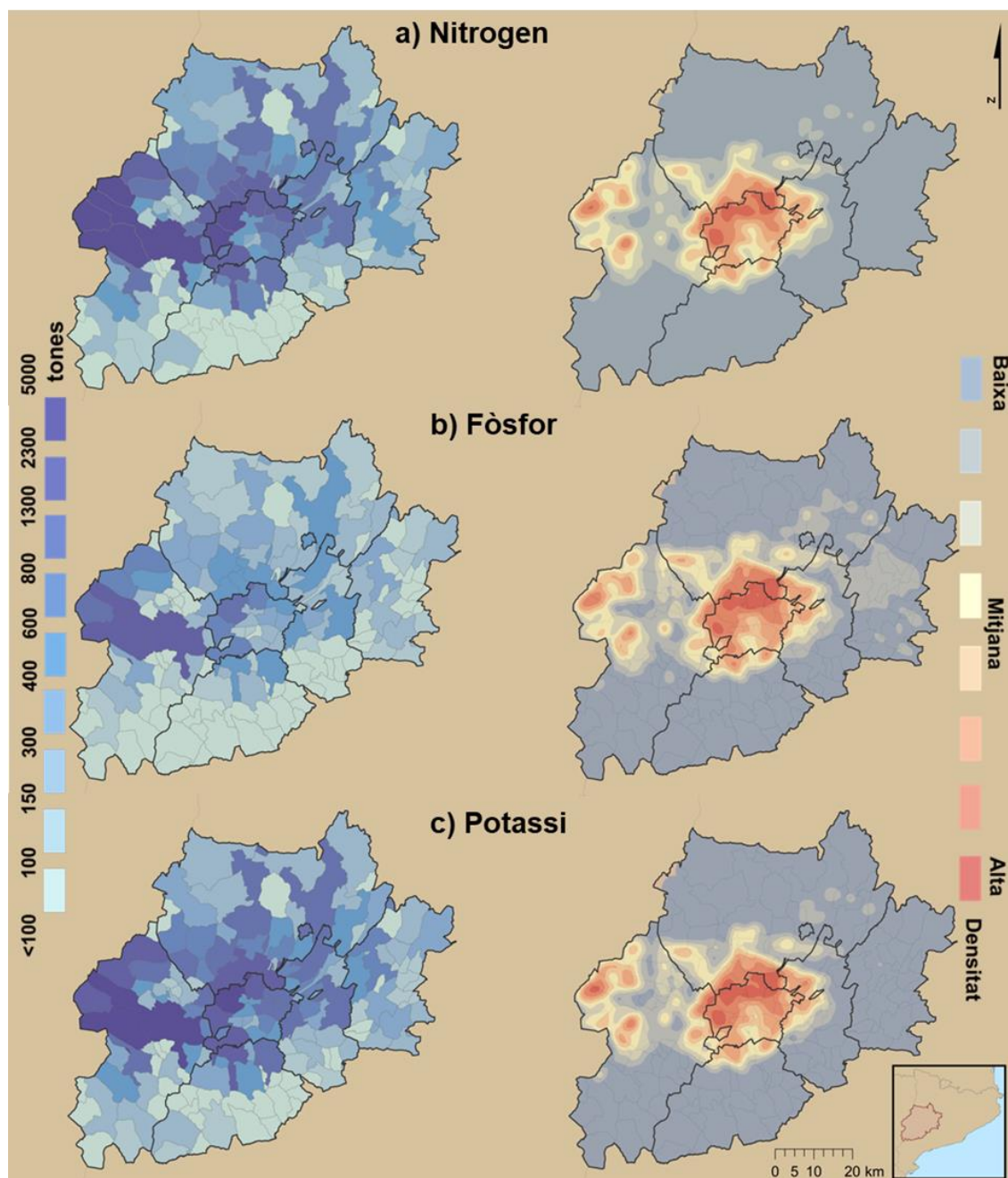


Figura 3.2. Demanda anual de nutrients NPK per part dels cultius a les comarques de Ponent durant l'any 2020: (a) Nitrogen orgànic²¹, (b) Fòsfor i (c) Potassi. Els mapes a la dreta representen les tones de nutrients demandats pels cultius a escala municipal i els mapes de la esquerra són mapes de calor representant la densitat de la quantitat demandada de nutrients per part del cultius.

No és fàcil trobar dades fiables sobre el consum de fertilitzants inorgànics desglossades en unitats administratives menors a la comunitat autònoma. Assumint una repartició proporcional a la SAU, que a les comarques de Ponent suposa el 30,2% del total de Catalunya, en aquestes comarques es consumirien de l'ordre de 14.314 t de N, 6.463 t de P₂O₅, i 9.588 t de K₂O provinents de fertilitzants inorgànics. Aplicant factors d'emissió genèrics per al NPK provinent de fonts inorgàniques (3,67 pel N, 1,34 pel P, i 0,67 pel K,

²¹ Els valors de N (orgànic) han estat estimats a partir de les extraccions dels conreus en funció de les dades de produccions comarcals (2020) i assumint les limitacions en la aplicació de N orgànic establertes al DECRET 153/2019 en les zones vulnerables per contaminació de nitrats de fons agràries.

per kgCO₂-eq per kg de nutrient), les emissions directes associades a aquests productes seria de 67.617 tCO₂-eq per any. Com a alternativa, s'ha optat per estimar la demanda de NPK dels conreus de les comarques de Ponent a partir de les dades de les extraccions de nutrients per part dels conreus, publicades per part de l'Oficina de la Fertilització del DAC²² en base als rendiments dels conreus publicats per cada comarca a les estadístiques agrícoles del DAC corresponents a l'any 2020²³. Aquestes dades s'han utilitzat per elaborar mapes d'extracció de nutrients a partir de les dades dels conreus de la DUN-SIGPAC (Figura 3.2).

Els resultats indiquen que la major demanda de nutrients agrícoles es produeix a la Plana de l'Urgell, on la major demanda ocupa pràcticament el 100% d'aquesta comarca i bona part de les zones limítrofes, i al nord-oest del Segrià. Aquests dos focus es caracteritzen per una elevada concentració de finques dedicades a conreus extensius de regadiu (cereals, ordi, i alfals). En termes absoluts, la comarca que té una major demanda de fertilitzants és el Segrià, seguit per la Noguera i el Pla d'Urgell (Taula 3.1). No obstant això, si considerem la demanda de NPK en relació a la superfície de cada una d'aquestes comarques, la major demanda de NPK es produeix al Pla d'Urgell, seguida pel Segrià i la Noguera, totes elles amb unes quantitats de NPK superiors a la mitjana.

Taula 3.1. Estimació de les extraccions anuals nutrients (NPK) per part dels cultius de les comarques de Ponent (Font: elaboració pròpia a partir de dades del 2020).

Comarques	N (t)	N (kg/ha)	P ₂ O ₅ (t)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O (t)	K ₂ O (kg/ha)
Garrigues	5.029,1	114,6	1.709,6	39,0	4.778,2	108,9
Noguera	18.662,3	262,9	7.342,9	103,4	17.491,8	246,4
Pla d'Urgell	18.098,3	700,1	5.699,6	220,5	15.997,3	618,9
Segarra	4.834,7	109,5	2.453,0	55,6	4.406,4	99,8
Segrià	25.893,7	264,7	8.705,2	89,0	24.386,3	249,3
Urgell	8.992,4	202,6	3.444,7	77,6	8.336,7	187,9
Total	81.510,5	249,2	29.355,0	89,8	75.396,7	230,5

Si comparem els valors de les extraccions de nutrients, en unitats de NPK, dels conreus de les comarques de Ponent (Taula 3.1) amb els que s'importen en forma de fertilitzants inorgànics a nivell de tota Catalunya (Figura 3.1), veurem que aquests darrers equivalen a un 58% del N, 73% del P₂O₅, i 42% de K₂O del valor dels primers. Aquest fet demostra que només una part de les necessitats de nutrients es cobreix amb fertilitzants inorgànics, i posa en evidència la importància de la fertilització orgànica a dia d'avui.

3.2. Consum de combustibles fòssils

La disponibilitat d'energia relativament barata i en quantitat suficient ha sigut un dels puntals de la intensificació de l'activitat agro-ramadera fins als alts nivells de producció actuals. Aquest ús intensiu de l'energia per sustentar les activitats del primer sector es fonamenta en bona mesura en l'ús de les energies fòssils. Segons l'IDESCAT (Taula 3.2), el consum final d'energia del sector primari a Catalunya durant l'any 2019 va ser de 224 ktep²⁴, quantitat que suposa un 1,5% sobre el total de tots els sectors. Dins del primer sector, els principals tipus d'energia que es consumeixen són el gasoil (66%), l'energia elèctrica (16%), la biomassa (6%), els gasos líquids del petroli (5%), el gas natural (4%), i el coc de petroli (2%). Aproximadament la meitat del consum d'energia del sector primari català es destina al cultiu dels cereals i de la fruita dolça, ambdós força importants a les comarques Ponent. La resta es repartirien a parts semblants entre la pesca (irrellevant en aquest estudi) i la ramaderia.

²² RuralCat: <https://ruralcat.gencat.cat/oficina-de-fertilitzacio/taules-dades/extraccions-dels-cultius>

²³ DAC: <http://agricultura.gencat.cat/ca/departament/estadistiques/agricultura/estadistiques-definitives-conreus/>

²⁴ Energia mesurada en tones equivalents de petroli: 1 tep = 1,0270 t de gasoil = 0,862 m³ de gasoil = 0,3160 t de palla = 0,2500 t de restes de poda = 0,6449 t de bioetanol = 0,9084 t de biodièsel.

Taula 3.2. Consum final d'energia a Catalunya expressat en ktep entre les diferents fonts i sectors (Font: IDESCAT 2019).

Vector energètic	Transport	Indústria	Domèstic	Serveis	Primari	Total
Carbó	0,0	21,5	0,0	0,0	0,0	21,5
Coc de petroli	0,0	258,1	0,0	0,0	5,5	263,6
Fuel-oil	65,3	16,0	0,0	0,0	0,0	81,3
Gas-oil	3.661,2	62,2	233,3	195,7	147,6	4.300,0
Querosé	1.430,5	0,0	0,0	0,0	0,0	1.430,5
Gasolina	949,2	0,0	0,0	0,0	0,0	949,2
Gasos líquids del petroli	15,4	7,8	93,8	38,2	12,3	167,5
Gasos refinaria	0,0	3,4	0,0	0,0	0,0	3,4
Gas natural	31,3	1.695,0	832,2	377,5	9,9	2.945,9
Energia elèctrica	89,7	1.396,1	866,1	1.237,2	35,7	3.624,8
Residus no renovables	0,0	93,1	0,0	5,1	0,0	98,2
Biomassa ¹	273,3	132,0	74,9	34,6	13,0	527,8
Solar tèrmica	0,0	0,5	22,7	9,8	0,0	33,0
Total	6.515,9	3.685,7	2.123,0	1.898,1	224,0	14.446,7

¹ S'hi inclouen la biomassa forestal, agrícola i ramadera, els residus urbans i el biogàs.

Per altra banda, la generació elèctrica a Catalunya durant l'any 2019 va ser de 25.371,2 ktep i es va produir d'una forma molt majoritària a base de combustibles fòssils, fonamentalment petroli i gas natural amb un 46% i 23% sobre el total respectivament, però també nuclear amb una contribució del 24% (Figura 3.2). Només un 5% de l'energia primària generada va provenir de fonts renovables.

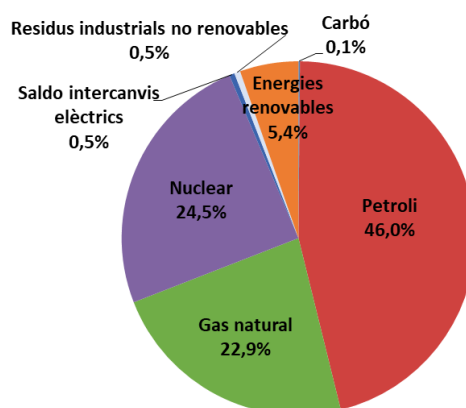


Figura 3.3. Consum d'energia primària a Catalunya; quantitat total: 25.371,2 ktep (Font: ICAEN 2019).

En aquest informe s'ha assumit com a hipòtesi de treball per simplificar les estimacions que l'únic vector energètic rellevant de les explotacions agràries és el gasoil, mentre que el de les explotacions ramaderes és fonamentalment l'electricitat i en menor mesura, a les granges de maternitat de porcs i en les avícoles que necessiten energia tèrmica per escalfar-se, els gasos combustibles (principalment gas natural i gas propà).

3.2.1. Consum energètic a les explotacions agrícoles

Segons l'ICAEN, la major part del consum energètic del primer sector a Catalunya correspon al gasoil destinat a la producció de la fruita dolça (29%), l'ordi (19%) i el blat (11%) però no hi ha dades detallades disponibles a una menor escala territorial. Per causa d'això, s'ha estimat la quantitat de gasoil consumit a les explotacions agràries dels principals conreus que hi ha a les comarques de Ponent a partir de

coeficients de consum específic per unitat de superfície conreada provinents de diferents fonts bibliogràfiques i bases de dades que s'utilitzen en els estudis d'anàlisi del cicle de vida (ACV). En la mesura del possible, els coeficients de consum específic utilitzats en aquest estudi s'han determinat per les condicions productives de Catalunya. Així doncs, a partir de les dades de la DUN-SIGPAC sobre la superfície conreada pels principals conreus i dels coeficients de consum específic per a cada un d'ells, ha estat possible elaborar un mapa del consum de gasoil estimat pel conjunt de les explotacions agrícoles de Ponent (Figura 3.4). En aquest s'observa que l'ús més intensiu de gasoil es concentra en una franja central del territori coincident amb les planes de l'Urgell i del Segrià, on es concentren els principals conreus extensius de regadiu.

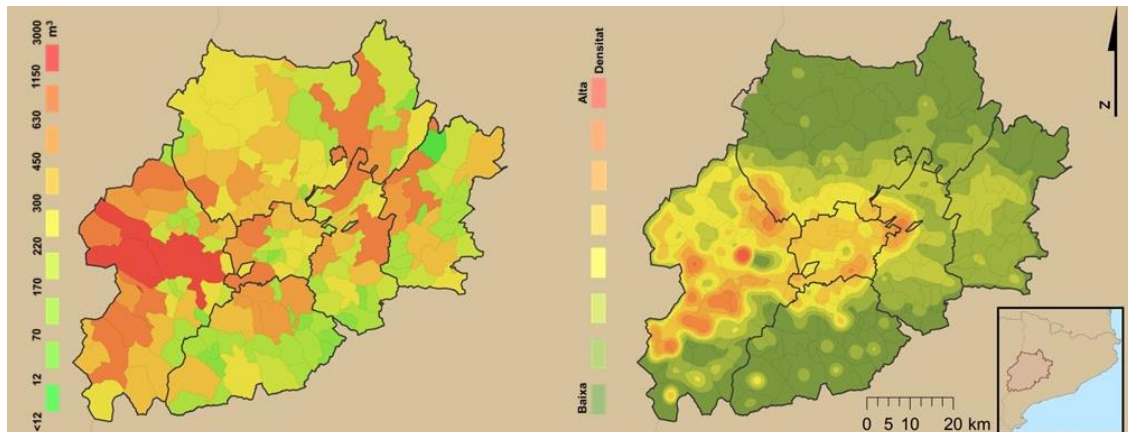


Figura 3.4. Estimació del consum de gasoil als cultius de les comarques de Ponent: consum municipal de gasoil en m³ (esquerra) i mapa de calor (dreta).

El consum total anual de gasoil estimat per l'activitat agrícola a les comarques de Ponent equival a uns 39 ktep per any (Taula 3.4), fet que suposaria més d'una quarta part del total consumit pel primer sector a tota Catalunya (147,6 ktep; Taula 3.2). Els principals conreus on es produeix aquest consum serien els fruiters de pinyol i llavor (29%), l'ordi (19%), i el blat (9%), dades que coincideixen força amb les estimacions per a tot Catalunya, seguides per l'alfals (7%), el blat de moro i l'olivera (6%). Pel que fa a les emissions de GEH, tenint en compte un factor d'emissió pel gasoil de 3.772 kgCO₂-eq tep⁻¹, es generarien 146.930 tCO₂-eq per any.

Taula 3.4. Estimació del consum de gasoil en funció del conreu i la superfície conreada.

Conreu	Àrea conreada (ha)	Coefficient específic (L ha ⁻¹ any ⁻¹)	Consum Total (m ³ any ⁻¹)	Consum Total (tep any ⁻¹)
Ordi	97.672	100 ¹	9.767	8.419
Blat	40.366	110 ¹	4.440	3.827
Oliveres	39.116	82 ²	3.208	2.765
Fruiters de pinyol i llavor	39.990	367 ¹	14.676	12.651
Blat de moro	21.205	150 ¹	3.181	2.742
Alfals	17.932	208 ³	3.730	3.215
Ametllers	18.396	35 ¹	644	555
Resta de conreus	36.963	150 ⁴	5.544	4.779
Guarets	16.902	- ⁵	-	-
Total	328.542		45.190	38.953

¹ Dades pròpies de l'IRTA procedents de sistemes de cultiu convencional localitzats a Lleida. ² De Luca et al. (2018). ³ Ugarte et al. (2013). ⁴ Valor mitjà dels anteriors. ⁵ No considerat.

La comarca amb un major consum de gasoil en termes absoluts, molt per sobre de la resta amb un 39% del consum total, és el Segrià (Taula 3.5). En termes relatius a la superfície comarcal, però, el consum de gasoil del Segrià és superat pel Pla d’Urgell. Aquestes dues comarques es caracteritzen per la preponderància dels conreus de regadiu, que en principi són més exigents en termes energètics (Taula 3.4).

Taula 3.5. Estimació del consum de gasoil, en volum i en termes d’energia equivalent, als cultius de les comarques de Ponent.

Comarca	Consum total (m³/any)	Superfície (ha)	Consum específic (L/ha)	Energia equivalent (tep)
Garrigues	4.357	79.734	54,6	3.756
Noguera	8.759	178.402	49,1	7.550
Pla d'Urgell	4.657	30.516	152,6	4.014
Segarra	4.634	72.286	64,1	3.995
Segrià	17.407	139.699	124,6	15.005
Urgell	5.222	57.947	90,1	4.501
Total/mitjana	45.036	558.584	80,6	38.821

3.2.2. Consum energètic a les explotacions ramaderes

Encara que les diferents modalitats d’autoconsum (generació elèctrica pròpia) van guanyant terreny, el principal vector energètic consumit per les explotacions ramaderes és l’electricitat produïda per empreses externes i distribuïda mitjançant la xarxa elèctrica. A la Figura 3.5 s’ha representat el consum energètic del sector primari a escala municipal, segons les publicades a la base de dades Consum d’Energia Elèctrica per Municipis i Sectors de Catalunya²⁵ de l’ICAEN. Aquestes dades mostren que el major consum elèctric es correlaciona bastant amb el consum de gasoil estimat anteriorment (Figura 3.4).

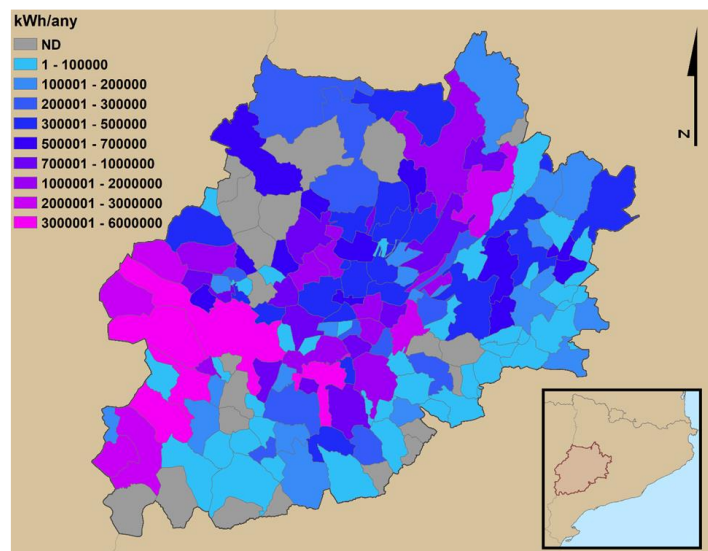


Figura 3.5. Estimació del consum d’electricitat a les explotacions ramaderes de les comarques de Ponent.

²⁵ Portal de la Transparència Catalunya: <https://analisi.transparenciacatalunya.cat/Energia/Consum-d-energia-el-ctrica-per-municipis-i-sectors/8idm-becu>

El perfil de consum d'energia elèctrica en l'àmbit territorial de les comarques de Ponent es troba disponible al Portal Transparència Catalunya (Taula 3.6). Aquestes dades indiquen que el consum total d'energia elèctrica en aquestes comarques durant l'any 2019 va ser de 2.147 GWh, equivalent a 184,6 ktep, essent el percentatge d'aquest dedicat al sector primari el 4% (92,1 GW). El major consum elèctric en l'àmbit agro-ramader es va produir a la comarca del Segrià, mentre que el menor va ser a la Segarra. Tenint en compte el pool elèctric de Catalunya (Figura 3.3), i aplicant un factor d'emissió per l'electricitat mitjà de l'estat espanyol de 0,238 kgCO₂-eq kWh⁻¹, el consum elèctric a les granges de les comarques de Ponent seria responsable per unes emissions de 21.912 tCO₂-eq per any.

Taula 3.6. Consum d'energia elèctrica en GWh a les comarques de Ponent durant l'any 2019, per sector d'activitat (Font: Portal Transparència Catalunya).

Comarca	Industrial	Construcció	Terciari	Domèstic	Primari	Total
Garrigues	55,22	0,39	23,35	26,24	9,81	115,01
Noguera	51,16	0,79	51,71	52,06	15,33	171,04
Pla d'Urgell	369,43	0,45	88,20	82,10	13,78	553,97
Segarra	146,29	0,22	26,83	30,54	4,83	208,71
Segrià	178,60	4,39	404,76	279,97	42,81	910,53
Urgell	81,51	0,80	49,61	50,26	5,51	187,69
Total	882,21	7,03	644,45	521,17	92,07	2.146,94

De forma anàloga al cas del gasoil agrícola, el consum elèctric en funció del tipus d'explotació ramadera a les comarques de Ponent s'ha hagut d'estimar a partir de coeficients de consum específic per animal obtinguts de diferents fonts bibliogràfiques (Taula 3.7). El valor estimat d'aquesta manera és de 90.274 MWh/any, quantitat que es lleugerament inferior a la dada de consum de tot el sector primari aportada per l'ICAEN de 92.070 MWh/any (Taula 3.6). D'acord amb aquesta estimació, les granges de vacum són les que tenen un major consum energètic amb un 75% sobre el total, seguides per les de porcí (20%) i les d'aviram (5%).

Taula 3.7. Estimació del consum d'energia elèctrica de les principals cabanyes ramaderes de les comarques de Ponent.

Espècie ramadera	Cens (Nombre de caps)	Coefficient (kWh/cap/any)	Consum (MWh/any)
Porcí	3.202.019	5,6 ^a	17.931
Vacum	132.308	516 ^b	68.271
Aviram	19.863.527	0,205 ^c	4.072
Total			90.274

^a 3tres3 (2006); ^b Bartolomé et al. (2013), en aquest treball no es fa distinció entre el boví de carn i el de producció de llet.

3.3. Consum de plàstics

A l'agricultura s'utilitzen una àmplia gamma de plàstics derivats del petroli, com ara poliolefines: polietilè (PE), polipropilè (PP), copolímer d'acetat d'etilè-vinil (EVA) i, amb menys freqüència, altres tipus com el clorur de polivinil (PVC), el policarbonat (PC) i el poli-metil-metacrilat (PMMA). Aquests polímers sintètics tenen múltiples usos en el sector primari, com per exemple en pel·lícules pel recobriment de llavors i productes fertilitzants, films i làmines pel sòl (*mulching*), la impermeabilització de basses de purins, i com a material constructiu dels hivernacles, fins a l'àmplia gamma que suposa l'envasat de tota mena de productes i materials (Figura 3.6). Tots aquests productes han ajudat a augmentar el rendiment dels cultius, però cada cop hi ha més evidències que els plàstics residuals contaminen el sòl, afecten la biodiversitat dels ecosistemes, i fins i tot la salut humana, tal com es conclou a la 29^a edició del resum de

prospectiva del Programa Ambiental de les Nacions Unides (*Foresight Brief UNEP*²⁶), com a part de l'informe de valoració global de la problemàtica sobre la contaminació dels plàstics publicat la UNEP²⁷.

El plàstic que acaba al sòl varia de mida, des de macroplàstics (>5 mm) fins a microplàstics (<5 mm) i nanoplàstics (<1 µm). Aquestes partícules poden provenir tan de la descomposició de productes plàstics en l'àmbit agrari com de l'ús de productes que ja venen contaminats, com ara compost o fangs de depuradora que contenen micro i nanoplàstics que entren a les depuradores d'aigües residuals, o les plantes de compostatge. Per altra banda, dins del marc agrari, els productes més fàcilment reutilitzables o reciclables serien, per aquest ordre, les caixes emmagatzemar la collita (fruites) i petits animals, les làmines per l'ensitjat de conreus, els plàstics dels hivernacles, basses i conduccions d'irrigació, etiquetes del bestiar i, en darrer terme, els embalatges dels materials necessaris i productes obtinguts. Els plàstics amb un menor potencial de reciclatge i, conseqüentment, major dany ambiental serien els recobriments, envasos de pesticides i productes zosanitaris (Figura 3.6).

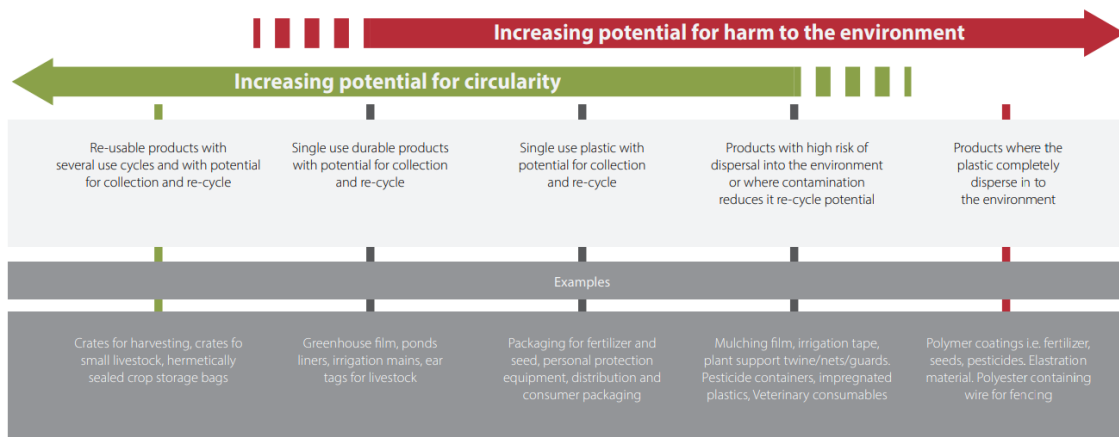


Figura 3.6. Potencial per a la circularitat o dany ambiental dels principals productes plàstics utilitzats a l'agricultura i la ramaderia (FAO, 2021).

D'acord amb el darrer informe sobre els plàstics a l'agricultura publicat per la FAO²⁸, s'estima que cada any s'utilitzen 12,5 milions de tones de plàstic a les cadenes de valor agrícoles, sense comptar amb els 37,3 milions de tones que s'utilitzarien en l'envasament dels aliments. En aquest mateix informe es conclou que el sòl que fem servir per mantenir els nostres cultius està més contaminat amb microplàstics que els oceans. No obstant això, el coneixement en termes quantitius de la generació de residus plàstics i el seu impacte sobre el medi ambient a Catalunya és molt limitat, tal com es posa de rellevància el Consell Assessor del Parlament sobre Ciència i Tecnologia (CAPCT²⁹) al seu informe sobre microplàstics en el medi ambient. En l'àmbit de l'alimentació i per les condicions del Regne Unit (Lebersorger and Schneider 2011), s'ha estimat que la quantitat total de residus d'envasos de plàstic que es genera per tona de fruita equival al 2% de la massa del producte final, al llarg de tota la cadena. Si s'aplica aquests coeficients a les 581.606 tones de fruita dolça que es varen produir a les comarques de Ponent l'any 2021, només en aquest àmbit s'haurien pogut consumir anualment 11.632 tones de plàstics.

Per altra banda, recentment s'ha realitzat una enquesta a vuit municipis de les comarques de Ponent (Albatàrrec, Alcarràs, Almenar, Montoliu de Lleida, Serós, Soses, Sudanel·l i Torres de Segre), dins del marc del projecte del PECT³⁰. En el seu conjunt la superfície agrària analitzada és de 23.642 ha i es va concloure que anualment es consumeixen unes 354,6 tones d'envasos plàstics, el 85% dels quals dins l'àmbit dels

²⁶ UNEP: https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/40403/Plastics_Agriculture.pdf

²⁷ UNEP: <https://www.unep.org/resources/pollution-solution-global-assessment-marine-litter-and-plastic-pollution>

²⁸ FAO: <https://www.fao.org/3/cb7856en/cb7856en.pdf>

²⁹ CAPCT: <https://www.parlament.cat/document/intrade/232010136>

³⁰ Dades de detall comunicades personalment.

conreus llenyosos, el 12% pels conreus herbacis i el 4% restant en els blat de moro. Si extrapolem aquesta quantitat d'envasos plàstics al total de la superfície agrària de les comarques de Ponent de 306.838 ha, la quantitat total d'aquests envasos seria de 4.602 tones, el 85% dels quals (3.912 tones), correspondria a la fruita dolça. Aquesta quantitat representaria només un terç de l'estimació feta en base als coeficients de Lebersorger i Shneider (2011), però cal tenir en compte que aquest darrer estudi contempla tota la cadena, incloent-hi la distribució i comercialització minorista fins al client final.

En termes d'emissions, considerant un factor mitjà d'emissions de GEH de 2,55 kgCO₂-eq per kg de plàstic, l'empremta de carboni dels plàstics utilitzats en l'àmbit agrari a les comarques de Ponent seria d'entre 11.735 i 29.662 tCO₂-eq per any, en funció de si prenem com a referència l'estimació de 3.912 o 11.632 tones de plàstic consumit per any, respectivament.

4. POTENCIAL DE SUBSTITUCIÓ DE RECURSOS NO RENOVABLES PER BIORECURSOS

Els productes renovables que poden reemplaçar-ne d'altres equivalents d'origen no renovable a les explotacions agrícoles i ramaderes de les comarques de Ponent s'han classificat en dues grans categories genèriques²⁴: els bioproductes i les energies renovables. Dins la categoria definida com a bioproductes s'han inclòs els fertilitzants de base orgànica, els materials lignocel·lulòsics, i altres bioproductes de valor afegit (molècules bioactives, additius alimentaris, etc.). En l'apartat de les energies renovables s'han definit les subcategories corresponents als gasos renovables (biogàs i biometà), els biocarburants, la biomassa combustible, així com les energies renovables d'origen no biològic (energia solar fotovoltaica).

4.1. Bioproductes

4.1.1. Fertilitzants de base orgànica

La quantitat de fertilitzants de base orgànica que es pot produir a les comarques de Ponent s'ha estimat a partir de la quantitat de dejeccions ramaderes segons el Registre d'Explotacions Ramaderes³¹ (Figura 4.1), publicat al portal de Dades Obertes de la Generalitat. S'ha estimat la quantitat de purins (en m³), fens i gallinassa (en tones) aplicant els coeficients estàndards de la taula del Decret 153/2019³². Alguns registres de la base de dades s'han hagut d'eliminar per presentar coordenades incorrectes que queien fora de la delimitació territorial de les comarques de Ponent. A més, s'han omès les granges d'abelles, cargols i d'altres espècies rares o minoritàries. També, s'han eliminat totes aquelles explotacions que no presentaven factors a la taula del Decret pel càlcul de la quantitat de dejeccions produïdes.

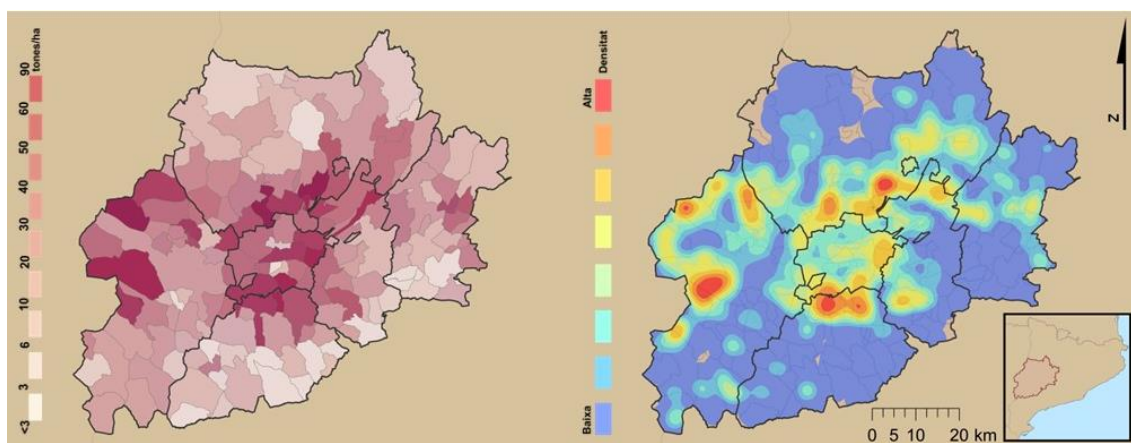


Figura 4.1. Producció de dejeccions a les explotacions ramaderes a les comarques de Ponent: Quantitat de dejeccions (en t/ha) a escala municipal (esquerra) i mapa de calor de la densitat de la producció (dreta).

Per estimar la quantitat de nutrients generats amb les dejeccions (Figura 4.2), que són susceptibles de reemplaçar nutrients provinents de fertilitzants inorgànics, s'han fet servir diferents metodologies. Pel nitrogen generat amb les dejeccions ramaderes s'ha assumit el valor publicat al Registre d'Explotacions Ramaderes (camp "Total Nitrogen") per cada explotació ramadera de les terres de les comarques de Ponent. També s'ha estimat el contingut de nutrients fòsfor i potassi (PK en kg/t o m³) per a les dejeccions

³¹ Portal de la Transparència de Catalunya: <https://analisi.transparenciacatalunya.cat/Medi-Rural-Pesca/Registre-d-explotacions-ramaderes/7bpt-5azk>

³² DOGC: https://residus.gencat.cat/web/.content/home/consultes_i_tramits/normativa/normativa_catalana_en_materia_de_residus/decret_153_2019.pdf

de les explotacions ramaderes considerades segons els coeficients de continguts de nutrients detallats a la Guia de les Tecnologies de Tractament de les Dejeccions Ramaderes a Catalunya³³.

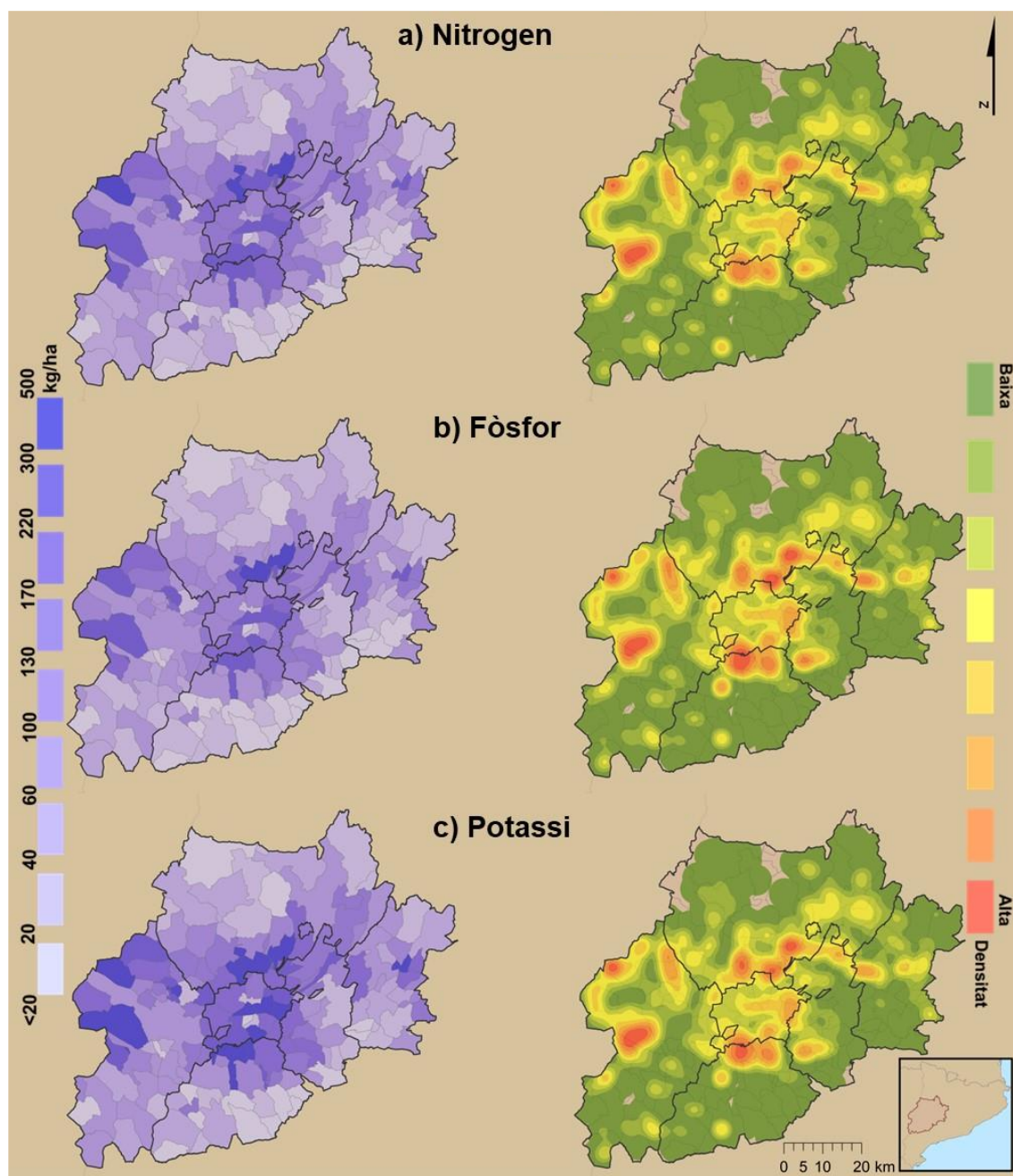


Figura 4.2. Distribució de la generació anual (en kg/ha) de NPK per part de les explotacions ramaderes a les comarques de Ponent: (a) nitrogen, (b) fòsfor i (c) potassi. Els mapes a la dreta representen els kg/ha de nutrients generats a escala municipal i els mapes de la esquerra son mapes de calor representat la densitat de la quantitat generat de nutrients a les explotacions ramaderes.

³³ GenCat: <http://agricultura.gencat.cat/ca/detalls/Publicacio/a02-04-2020-Guia-de-les-tecnologies-de-tractament-de-les-dejeccions-ramaderes-a-Catalunya>

Seguidament, s'ha fet el balanç dels nutrients NPK (Figura 4.3) entre els generats a les explotacions ramaderes amb les dejeccions (Figura 4.2) i les extraccions dels cultius a les comarques de Ponent estimades prèviament (Figura 3.2).

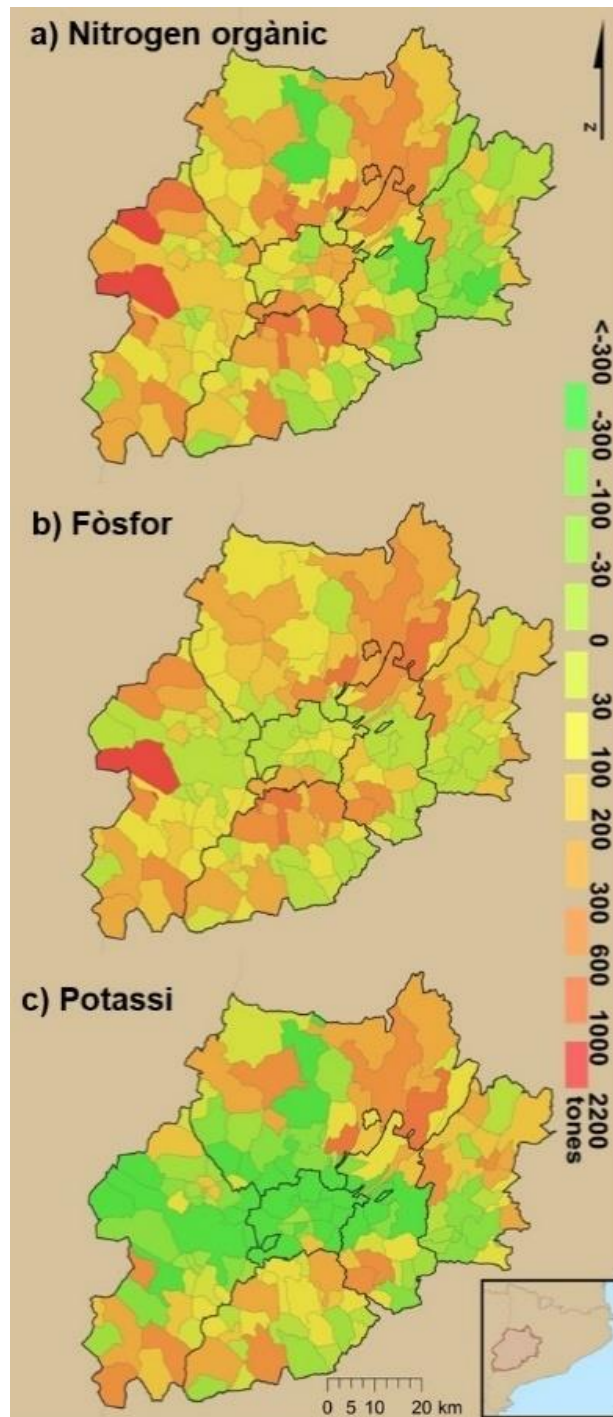


Figura 4.3. Balanç de nutrients en tones de NPK a nivell municipal a les comarques de Ponent: a) nitrogen orgànic (segons el màxim aplicable d'acord amb el Decret 153/2019), b) fòsfor (P_2O_5) i c) potassi (K_2O). Els tonalitats verds indiquen dèficits de nutrients a escala municipal. Les tonalitats càlides (groc, taronja i vermell) indiquen excedents de nutrients al municipi.

D'acord amb les dades de generació de nutrients a partir de les dejeccions ramaderes, durant l'any 2020 a les comarques de Ponent es varen produir 50.509, 44.976, i 62.051 tones de NPK. Tenint en compte el valor econòmic dels nutrients presents a les dejeccions ramaderes publicats pel RuralCat a gener de 2021³⁴ (1,1 €/kg-N, 1,4 €/kg-P₂O₅, i 0,8 €/kg/K₂O), els nutrients generats tindrien un valor potencial de mercat de 55,6 M€ pel nitrogen, 63,0 M€ pel fòsfor, i 49,6 M€ pel potassi, en total 168,2 M€.

Pel que fa a les necessitats de nitrogen dels conreus, les dosis màximes a aplicar s'han limitat d'acord amb els criteris establerts al Decret 153/2019 en les zones vulnerables per contaminació de nitrats de fons agràries. Tenint en compte aquest fet, només un 40% de les extraccions de nitrogen dels cultius es podria cobrir amb fonts orgàniques. La resta haurà d'exportar-se de les comarques de Ponent a d'altres zones que encara puguin acceptar nitrogen orgànic, mentre que la quantitat deficitària de les extraccions dels conreus haurà de cobrir-se amb fertilització mineral. A partir de les dades de generació i d'extraccions del NPK detallades anteriorment, s'han dut a terme un balanç per a cada un d'aquests nutrients a nivell comarcal (Taula 4.1). Cal dir que l'objectiu d'aquest balanç és el de donar una visió general de la dinàmica dels nutrients, i no pas el de donar informació detallada dels criteris de fertilització. Per fer això darrer cal tenir en compte el contingut de nutrients que ja hi ha al sòl en cada finca en particular, així com la eficiència en l'absorció d'aquests nutrients en funció de cada tipus de conreu.

Taula 4.1. Balanç de nutrients (en tones per any de NPK, a partir de dades del 2020) a les comarques de Ponent entre les extraccions dels cultius i els generades amb les dejeccions ramaderes a les explotacions ramaderes. Valors positius corresponen a excedents mentre que els negatius són dèficits.

Comarca	Extraccions dels cultius			Generació a les granges			Balanç de nutrients		
	Nt ^a	P ₂ O ₅	K ₂ O	Nt	P ₂ O ₅	K ₂ O	Nt	P ₂ O ₅	K ₂ O
Garrigues	2.114	1.710	4.778	5.303	4.828	6.346	+3.189	+3.118	+1.567
Noguera	9.049	7.343	17.492	13.685	12.157	16.967	+4.636	+4.814	-525
Pla d'Urgell	3.629	5.700	15.997	5.264	4.930	6.718	+1.634	-770	-9.279
Segarra	4.838	2.542	4.571	4.725	4.436	5.859	-113	+1.895	+1.288
Segrià	8.528	8.705	24.386	16.305	13.691	19.510	+7.777	+4.986	-4.876
Urgell	4.200	3.445	8.337	5.228	4.933	6.651	+1.028	+1.489	-1.685
Total	32.358	29.444	75.561	50.509	44.976	62.051	+18.151	+15.532	-13.510

^a Valor d'aplicació potencial de nitrogen d'origen orgànic limitat segons el Decret 153/2019 per a les zones vulnerables per contaminació de nitrats de fons agràries. El nitrogen total necessari per cobrir les extraccions sense restriccions al nitrogen orgànic seria de 81.510 tones/any.

Els balanços de nutrients entre generació i extracció varien molt en funció del nutrient en qüestió però, globalment, les comarques de Ponent serien excedentàries pel que fa al nitrogen i el fòsfor, amb 18.151 i 15.532 tones de Nt i P₂O₅ equivalents respectivament, i deficitari pel que fa al K₂O en 13.510 tones. No obstant això, si pel nitrogen no tinguéssim en compte les limitacions que imposa el Decret 153/2019 a l'aplicació de nitrogen orgànic a les zones vulnerables, la quantitat de nitrogen disponible a les dejeccions ramaderes (50.509 tones/any) encara seria deficitària per cobrir les extraccions totals dels conreus, sense restriccions (81.510 tones/any).

El conflicte existent entre els requeriments de nitrogen, la necessitat de reduir l'empremta ambiental dels fertilitzats nitrogenats minerals sintetitzats mitjançant el procés de Haber-Bosch, i les limitacions per reciclar de forma segura el nitrogen orgànic, posa de manifest la necessitat de trobar solucions a nivell tecnològic i legal per promoure el processament de les dejeccions per tal de recuperar nutrients en forma de productes fertilitzants segurs, tal com es formula a la proposta tècnica del *Joint Research Council* (Huygens et al. 2020) sobre els fertilitzants d'origen orgànic anomenats RENURE, que podrien ser considerats com a minerals.

³⁴ RuralCat:

https://ruralcat.gencat.cat/documents/20181/5961791/Fitxa_47_valor_economic_dejeccions.pdf/ef7ae42f-3bd5-4c27-aa37-1f378b5641ec

4.1.2. Materials lignocel·lòsics

En aquest apartat s’ha estimat la quantitat de palla dels conreus herbacis i fusta de conreus llenyosos que es genera anualment als municipis de les comarques de Ponent. Per estimar la quantitat de palla produïda als cultius herbacis (Figura 4.5) s’ha fet servir la metodologia establerta per Bolinder et al. (2007), a partir de les produccions anuals fent servir l’índex de collita, la relació entre la part aèria i la part subterrània de la planta, i la fracció de matèria seca del gra de cada tipus de cultiu. S’han fet servir valors mitjans per tots aquests paràmetres fruit d’una revisió bibliogràfica.

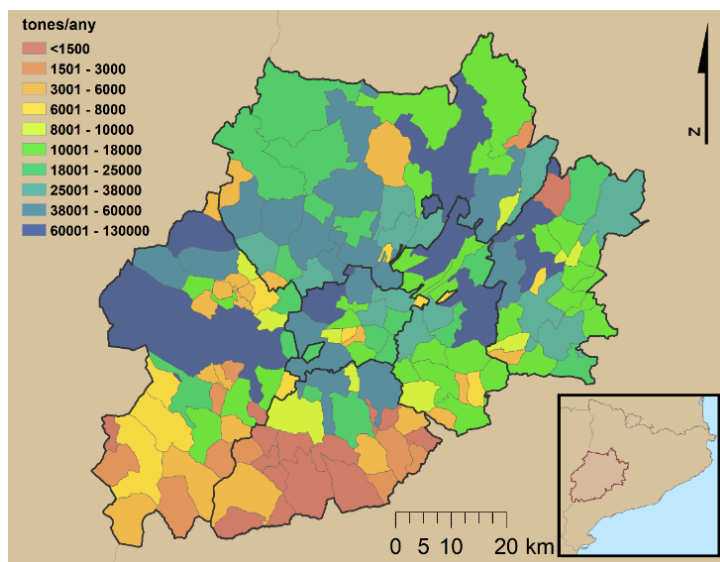


Figura 4.5. Potencial de generació de palla (en tones de pes sec per any) als cultius herbacis a les comarques de Ponent.

La estimació adoptada indica que les comarques de la Noguera i el Segrià generarien més de la meitat de tota la palla que es produeix anualment a les comarques de Ponent (Taula 4.2). En termes relatius a la superfície comarcal, però, la comarca del Pla d’Urgell seria la que té un nivell de producció més elevat, molt per sobre de les altres. En total, a les comarques de Ponent es generarien anualment 2.834.267 tones de palla, quantitat que si es valora d’acord amb el darrer preu cotitzat a la Llotja de Vic (80€ per tona de palla de cereal, a 11/11/2022) tindria un valor de mercat de 226,7 M€.

Taula 4.2. Generació anual de palla als cultius herbàcies a les comarques de Ponent.

Comarca	Producció (t)	Superfície (ha)	Producció específica (t/ha)
Garrigues	147.064	79.734	1,844
Noguera	819.284	178.402	4,592
Pla d’Urgell	393.557	30.516	12,897
Segarra	399.939	72.286	5,533
Segrià	680.835	139.699	4,874
Urgell	393.588	57.947	6,792
Total/mitjana	2.834.267	558.584	5,074

La palla és un subproducte de la producció de conreus herbacis, principalment dels cereals, que ha tingut una llarga tradició d’aprofitaments i a dia d’avui dia encara continua essent utilitzada en una multitud de processos (Taula 4.3). Com a combustible en calderes de biomassa, la palla té un poder calorífic inferior

(PCI) equivalent a 0.3160 tep per tona. Això vol dir que amb tota la palla generada a les comarques de Ponent es podrien generar 896 ktep. Ara bé, l'acaparament de palla per part de les indústries de biomassa suposaria una competència deslleial amb el sector ramader, molt demandant de palla com a element en les dietes animals o en la preparació del jaç d'aquests, ja que no poden repercutir tan fàcilment l'increment de costos que això suposaria, cosa que si succeeix amb les indústries energètiques.

A nivell de la seva composició química els compostos principals de la palla són la cel·lulosa (39-43% en pes sec), l'hemicel·lulosa (20-36%), i la lignina (6-19%), que es troben en quantitats que varien considerablement en funció del conreu i les condicions productives (Arzami et al. 2022). Com a components del complex ligocelul·lòsic amb interès biotecnològic, la palla conté arabinosilans (11-30% en pes sec) i β -glucans (30-40%). L'extracció i aprofitament d'aquests components per via de biorefineries és encara escassa a Europa. Cal destacar, però, la planta de Crescentino³⁵ inaugurada l'any 2013 al nord d'Itàlia. El procés patentat sota el nom comercial de PROESATM inclou el pretractament de la biomassa lignocel·lulòsica, la hidròlisi enzimàtica i fermentació per produir l'etanol, la separació de la lignina per utilitzar-la en una caldera, i la digestió anaeròbia dels fangs generats. És una planta demostrativa (TRL7) que anualment tracta 200.000 tones (pes sec) de residus de palla d'arròs i blat, obtinguts en un radi de 70 km de la fàbrica, per produir 40.000 tones de bioetanol. La falta de confiança dels inversors s'ha identificat com el principal obstacle pel desplegament d'aquest tipus de biorefineria, per causa de l'elevada inversió necessària, la competència dels productes fòssils barats, i l'absència d'un marc regulador a llarg termini.

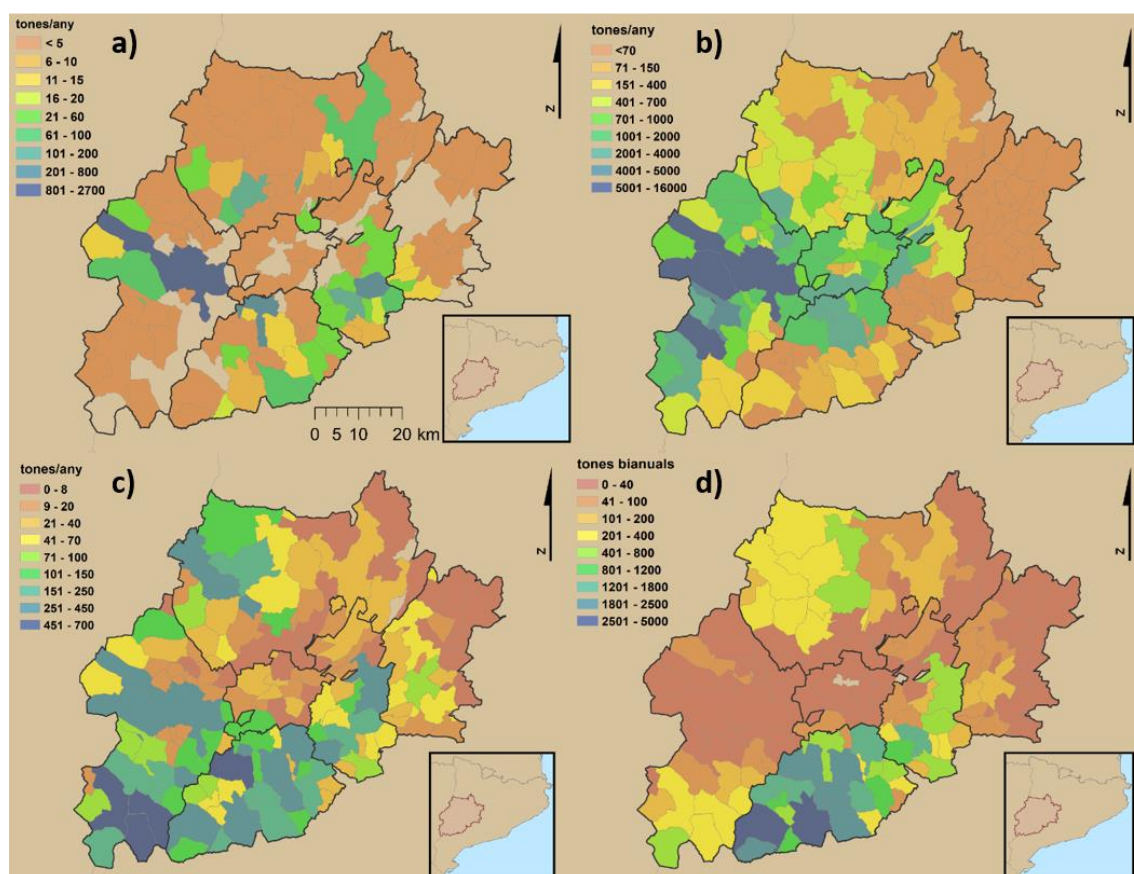


Figura 4.6. Distribució municipal de la generació anual de fusta de poda (en tones de pes fresc) als municipis de les comarques de Ponent: a) vinya, b) fruita dolça, c) fruita seca, i d) olivera.

³⁵ PROESA: https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2018/02/3-Crescentino-AdvancedEthanolBiorefinery_IT_Final.pdf

Pel que fa als conreus llenyosos, s'ha estimat el potencial de producció de restes de poda procedent dels cultius de vinya, fruiters de fruita seca i dolça, i de les oliveres (Figura 4.6). En tots els casos, per tal de calcular la quantitat de fusta en tones per municipi s'ha multiplicat pel número d'hectàrees del cultiu en qüestió a cada municipi, segons la superfície de cada cultiu al SIGPAC durant el 2020, per índex específics de producció. La quantitat de fusta de poda generada al cultiu de la vinya s'ha estimat assumint un índex mitjà de Ravaz (pes raïm veremat entre el pes de fusta de poda) de 5.5, en base a les produccions anuals de raïm veremat a les comarques de Ponent. La fusta de poda generada als fruiters de fruita dolça (pinyol i llavor) i fruita seca ha estat estimada a partir de dades de pes sec de fusta de poda, en kg per hectàrea, en diferents varietats, portaempelts, marcs de plantació i sistemes de formació de plantacions en diverses estacions experimentals del departament de Fructicultura de l'IRTA dins l'àrea de l'estudi. La fusta de poda d'olivera s'ha estimat de forma bianual a partir d'un valor mitja de les tones de matèria seca de poda de 1,54 tones per hectàrea, proposat per García-Galindo et al. (2007).

D'acord amb l'estimació realitzada (Taula 4.3), el conreu que més restes de poda genera és la fruita dolça, amb un 65% sobre un total de 181.226 tones per any produïdes a les comarques de Ponent. D'aquestes comarques, el Segrià és la que més hi contribueix amb un 43% de la producció total, fet que concorda amb l'elevada producció de fruita dolça d'aquesta comarca, seguida per les Garrigues per causa del pes de l'olivera.

Taula 4.3. Tones de restes de poda anual dels cultius llenyosos a les comarques de Ponent. Les tones de vinya son en pes fresc i les de la resta de cultius llenyosos en pes sec. Les tones de poda d'olivera son bianuals.

Comarca	Superfície (ha)	Vinya		Fruita dolça		Fruita seca		Olivera	
		Tones	t/ha	Tones	t/ha	Tones	t/ha	Tones	t/ha
Garrigues	79.734	556	0,007	8.949	0,112	4.196	0,053	33.087	0,415
Noguera	178.402	393	0,002	12.859	0,072	1.193	0,007	3.238	0,018
Pla d'Urgell	30.516	2	0,000	17.511	0,574	301	0,010	169	0,006
Segarra	72.286	61	0,001	483	0,007	410	0,006	781	0,011
Segrià	139.699	2.806	0,020	68.450	0,490	4.560	0,033	2.658	0,019
Urgell	57.947	1.272	0,022	10.203	0,176	1.782	0,031	5.305	0,092
Total/mitjana	558.584	5.090	0,009	118.455	0,212	12.442	0,022	45.239	0,081

A més de les restes de poda, també s'ha estimat el potencial de generació anual de fusta de les estructures permanents dels cultius llenyosos (Figura 4.7). Aquesta magnitud correspondria a un valor mitjà de la quantitat de fusta que es generaria durant al final de la vida útil dels conreus llenyosos, i la subseqüent arrancada dels arbres. La estimació s'ha realitzat d'acord amb les taxes de segrest de carboni i els factors de conversió carboni entre la biomassa seca publicades per Funes et al. (2022).

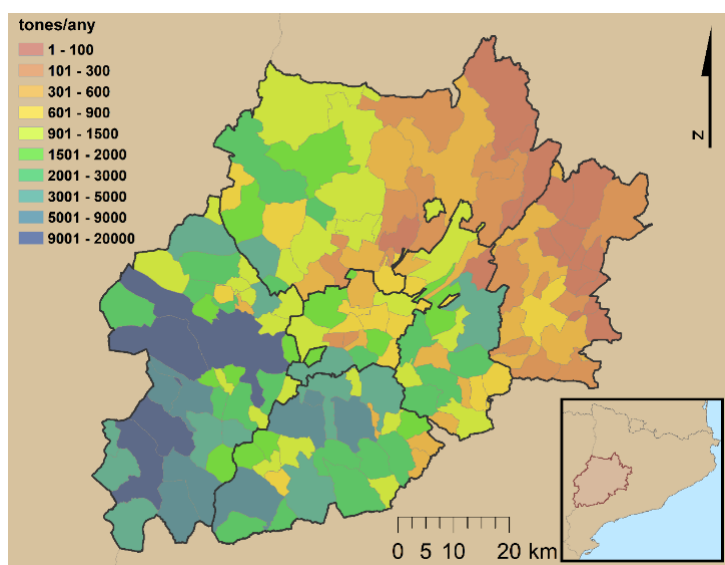


Figura 4.7. Distribució municipal de la taxa de creixement anual de fusta a les estructures permanents dels cultius llenyosos (en pes sec) als municipis de les comarques de Ponent.

De forma semblant a les restes de poda (Taula 4.3), la comarca que genera més restes de fusta procedent de les estructures permanents (arrancada d'arbres) és el Segrià, amb un 53% sobre un total de 277.623 tones de restes de fusta generades anualment entre totes les comarques de Ponent (Taula 4.4).

Taula 4.4. Tones de fusta anual generades a partir de les estructures permanents dels cultius llenyosos als municipis de les comarques de Ponent.

Comarca	Biomassa (t)	Superfície (ha)	Producció específica (t/ha)
Garrigues	58.759	79.734	0,74
Noguera	24.588	178.402	0,14
Pla d'Urgell	17.132	30.516	0,56
Segarra	4.207	72.286	0,06
Segrià	147.197	139.699	1,05
Urgell	25.740	57.947	0,44
Total/Mitjana	277.623	558.584	0,50

Al contrari de la palla, que s'arriba a cotitzar als mercats agraris i té un preu que no es pot menystenir, la gestió de les restes de poda i dels arbres arrancats és contemplat sovint com un problema. La prohibició de cremar aquests materials al camp a agreujat aquest fet que, per altra banda, s'hauria de veure com una oportunitat de valorització. Considerant que el PCI de les restes de fusta, tant de poda com dels arbres reemplaçats és d'uns 0,25 tep per tona, si aquesta crema es fes en calderes de biomassa l'energia continguda en aquestes fraccions generades a les comarques de ponent seria uns 115 ktep. Si a aquest valor li sumem els 896 ktep de la palla estimats anteriorment, el potencial energètic de tota la biomassa lignocel·lul·lòsica residual generada a les comarques de Ponent és d'uns 1.011 ktep, valor que quadruplicaria el consum energètic del sector primari a Catalunya (Taula 3.2). Considerant que, segons l'Observatori Forestal Català³⁶, el preu de les estelles de fusta l'any 2021 va ser de 73,1€ per tona, el valor econòmic de tota la fusta generada arribaria als 33,5 M€.

³⁶ OFC: <https://www.observatoriforestal.cat/preus-de-la-biomassa/>

No obstant això, cal tenir en compte que l'energia tèrmica no sempre és la ruta de valorització més viable, i que hi ha diverses alternatives per elaborar productes de valor afegit a partir d'aquests materials, que poden ser més rendibles (Taula 4.3). La tria dependrà entre d'altres del context geogràfic on es produeixen aquests materials, de l'estructura socioeconòmica del sector industrial associat, i de la maduresa de les tecnologies disponibles.

Taula 4.3. Possibles usos dels productes derivats de la palla i restes de fusta per obtenir bioproductes i bioenergia. També s'indica el nivell de maduresa de les tecnologies (TRL) pel que fa al grau d'implementació de cada ús.

Àmbit	Ús	Descripció	TRL
Agricultura	Cobertura/esmena del sòl	- Ús com a mantell o en forma d'incorporació directa per millorar les qualitats del sòl	Alt
	Fertilitzant/substrat orgànic	- Manufactura de fertilitzants orgànics, principalment com a estructurant en el compost	Alt
	Biochar	- Manufactura de biocarbó com a esmena per incrementar la matèria orgànica del sòl	Baix
Ramaderia	Llit dels animals	- Ús en els allotjaments per millorar la gestió de les dejeccions, especialment en remugants	Alt
	Alimentació animal	- Component dels farratges o concentrats per a la dieta de remugants	Alt
Bioenergia	Biomassa	- Ús directe, en pellets o briquetes en calderes de biomassa a petita i gran escala	Mitjà
	Biogàs	- Addició de la palla picada/hidrolitzada com a co-substrat en digestors anaerobis	Mitjà
	Gas de síntesis	- Obtenció de gasos combustibles a partir de processos pirolítics sobre la biomassa	Baix
	Biocombustibles	- Hidròlisi i fermentació de la lignocel·lulosa per a produir bioetanol	Baix
Biomaterials	Materials de construcció	- Manufactura d'elements estructural i aïllaments en edificis	Alt
	Embalatges	- Elaboració de bioplàstics i embalatges que siguin biodegradables/compostables	Mitjà
	Nanomaterials	- Fabricació de quantum dots per ser usats com a biosensors, i altres aplicacions	Baix
Biomolècules	Additius alimentaris	- Extracció d'additius d'interès per a la indústria alimentària (p.ex.)	Baix
	Compostos químics d'alt valor afegit	- Extracció de productes bioactius d'interès per a la indústria química, paperera, farmacèutica, cosmètica, alimentària, etc.	Baix

Fonts: Arzami et al. (2022), Ginni et al. (2021)

El concepte de biorefineria també s'ha aplicat als residus fustaners, encara que de forma relativament incipient, tal com demostra la planta mòbil que el Centre Tecnològic Forestal de Catalunya (CTFC) ha posat en marxa recentment dins el marc del projecte europeu Life Bioreformed³⁷. La biomassa forestal que no s'aprofita es sotmet a processos de piròlisi per produir biochar, bioenergia, i productes d'interès per a la indústria agrària i farmacèutica (antioxidants, sucres, àcids orgànics, àcids húmics, etc.). En principi, aquesta tecnologia també podria utilitzar-se en l'àmbit agrícola per a la valorització de les restes de poda i els arbres arrancats, però la instal·lació es correspon a una escala pilot destinada a validar la viabilitat tècnica i econòmica del procés.

³⁷ Life Bioreformed: <https://lifebioreformed.eu/>

4.2. Energies renovables

4.2.1. Gasos combustibles renovables

La digestió anaeròbia és un procés de tractament plenament consolidat per les dejeccions ramaderes i els residus orgànics de la indústria agroalimentària. A partir d'aquest procés s'obtenen dos productes de valor: el biogàs (gas combustible) i el digerit (fertilitzant orgànic). La implementació de plantes de digestió anaeròbia a la pròpia granja (dins del marc agrari) representa una important inversió, que sovint no pot ser assumida per les empreses ramaderes més petites. Les plantes col·lectives centralitzades (fora del marc agrari) poden beneficiar-se de les economies d'escala, però estan subjectes a una major complexitat administrativa en la seva gestió. Les noves oportunitats per a la digestió anaeròbia depenen dels incentius que es donen a la codigestió (dejeccions ramaderes amb d'altres residus orgànics) que tenen un major potencial de generació de metà, i a l'enriquiment i injecció d'aquest a la xarxa de gas natural en forma de biometà.

En aquest apartat s'ha estimat el potencial de producció de biogàs a partir de totes les tones generades de dejeccions ramaderes, conjuntament amb els altres residus orgànics agroindustrials declarats a les comarques de Ponent. Per estimar el potencial de generació de biogàs a partir de les dejeccions ramaderes, s'ha considerat un percentatge mitjà de metà en el biogàs de 65% v/v i s'han usat factors del potencial bioquímic metanogènic segons el tipus de dejecció del seu contingut de matèria seca³⁸. La producció potencial de biogàs a partir dels residus agroindustrials, s'ha assumit que tots els generats a les comarques de Ponent que actualment es gestionen dins i fora d'aquest territori mitjançant processos de tractament fisicoquímic i biològic, compostatge, o digestió anaeròbia i compostatge, són susceptibles de ser valorats exclusivament mitjançant la digestió anaeròbia. El potencial de producció de biogàs i el contingut de matèria orgànica dels residus industrials considerats procedeix de fonts pròpies de l'IRTA.

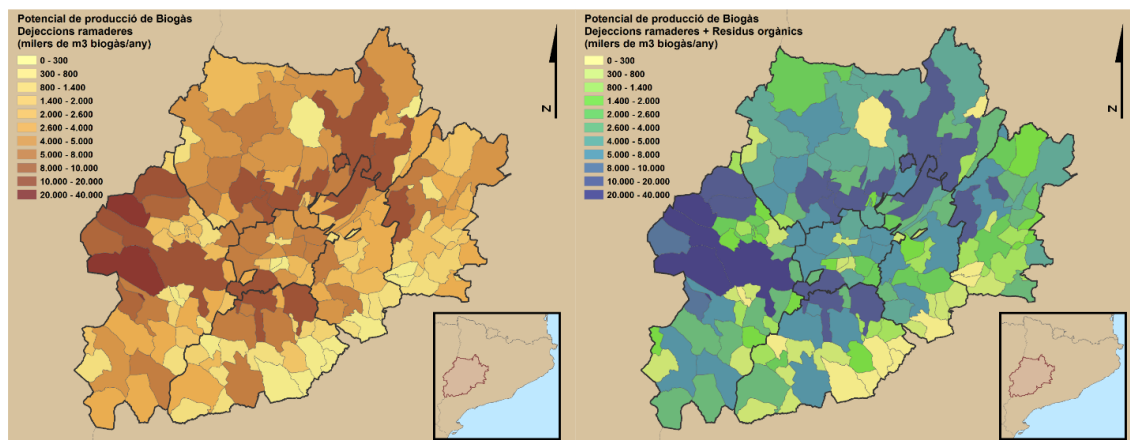


Figura 4.8. Potencial de producció de biogàs (milers de Nm³ de biogàs per any) a partir de les dejeccions ramaderes (esquerra) i d'aquestes combinades amb els residus orgànics de la indústria agroalimentària (dreta) produïdes a cada municipi de les comarques de Ponent.

³⁸ RuralCat: https://ruralcat.gencat.cat/documents/20181/7816840/Guia_tractament_dejeccions.pdf; ICAEN: https://icaen.gencat.cat/web.content/10_ICAEN/17_publicacions_informes/04_coleccio_QuadernPractic/quade rn_practic/arxius/01_produccio_biogas.pdf; UPC: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/9648>; UAB: https://ddd.uab.cat/pub/cunicultura/cunicultura_a1988m6v13n73/cunicultura_a1988m6v13n73p108.pdf; UNALM: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4692/iman-torres-isabel-ana-maria.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Els majors potencials de generació de biogàs es produeixen als municipis de la zona central del Segrià (Alcarràs, Almacelles, Lleida, i Almenar), al nord de les Garrigues (Juneda i Arbeca) i sud del Pla d'Urgell (Torregrossa), al nord-oest de la Noguera (Artesa de Segre, Balaguer, Vallfogona de Balaguer, Bellcaire d'Urgell, i Montgai), nord de l'Urgell (Agramunt), i oest de la Segarra (Els Plans de Sió). En termes quantitativs (Taula 4.4), el potencial total de generació anual de biogàs a les comarques de Ponent és de 629,2 milions de m³, que es reparteixen entre 586.6 M m³ de biogàs procedent de dejeccions ramaderes i 42.6 M m³ de residus orgànics agroalimentaris declarats.

Les comarques amb un major potencial de generació de biogàs són el Segrià i la Noguera, amb un percentatge sobre el total del 32% i el 25%, respectivament. En termes d'unitats energia equivalent, el potencial total de generació de biogàs seria de 350,1 ktep. Si tot aquest biogàs es purifiqués a biometà i s'injectés a la xarxa, es podria cobrir el 12% de les necessitats de gas natural de tota Catalunya (Taula 3.2). Prenent com a referència el preu actual del gas natural que, gràcies al topall per l'excepció ibèrica³⁹, ha baixat a uns 100 €/MWh, el valor del potencial de generació de biometà si tingués el mateix preu que el gas natural seria de 390 M€.

Taula 4.4. Potencial de producció anual de biogàs a partir de les dejeccions ramaderes (generades l'any 2020) i dels residus orgànics industrials (declarats l'any 2013) a les comarques de Ponent, i equivalent energètic.

Comarques	Biogàs de dejeccions ramaderes (milers de Nm ³)	Biogàs de residus orgànics (milers de Nm ³)	Volum total de biogàs (milers de Nm ³)	Equivalent energètic (ktep)	Equivalent energètic (GWh)
Garrigues	61.956	2.215	64.171	35,7	397
Noguera	157.790	1.692	159.482	88,8	988
Pla d'Urgell	61.299	1.900	63.199	35,2	391
Segarra	56.507	19.889	76.396	42,5	473
Segrià	190.503	12.184	202.686	112,8	1.255
Urgell	58.551	4.685	63.236	35,2	392
Total	586.606	42.564	629.170	350,1	3.897

Per tenir un ordre de magnitud del nivell d'aprofitament actual d'aquest recurs, les dues plantes de generació i injecció de biometà en xarxa existents a les comarques de Ponent, generen en el seu conjunt uns 74,8 GWh de biometà anuals (vegeu la secció 2.3), quantitat que equival al 2% del potencial total estimat anteriorment per les comarques de Ponent (Taula 4.4). Per altra banda, recents estimacions situen el potencial de generació de biogàs a Catalunya⁴⁰ a partir de les dejeccions ramaderes i dels residus orgànics industrials en 5.020 GWh per any, de forma que el potencial de les comarques de Ponent equivaldria a un 77,6% d'aquesta xifra.

4.2.2. Biocarburants

La denominació de biocarburants s'aplica a dues línies de productes totalment diferents, amb diferents aplicacions i amb problemes peculiars per al seu desenvolupament, encara que gran part de les barreres que retarden la seva introducció siguin comunes. Una de les línies correspon al bioetanol, que s'utilitza fonamentalment per substituir parcialment o total la gasolina, i que també pot ser barrejat amb el gasoil. L'altra línia és la del biodièsel substitutiu, també totalment o parcialment, del gasoil. Actualment ja s'estan desenvolupant les estratègies necessàries perquè la producció de biocarburants sigui competitiva en relació amb els carburants obtinguts del petroli. La millora progressiva de la competitivitat és un repte importantíssim tant per a l'agricultura com per a la indústria, sense oblidar els importants beneficis que per a la societat suposa la disminució de les emissions contaminants dels carburants fòssils.

³⁹ MIBGAS: <https://www.mibgas.es/es>

⁴⁰ Pla del Biogàs de Catalunya (esborrany, document no disponible públicament).

Taula 4.5. Productivitat de biocombustibles en termes de superfície utilitzada per diferents conreus habituals a Catalunya.

Biocombustible	Conreu	Productivitat (L/ha)
Bioetanol	Blat	1.560 ^a
	Blat de moro	2.050 ^a
	Arròs	2.250 ^a
Biodièsel	Colza	1.190 ^b
	Girasol	952 ^b

^a Jansson et al. (2009)^b Ullah et al. (2014)

El bioetanol és l'alcohol etílic produït a partir de la fermentació dels sucres que es troben als productes vegetals, principalment la canya de sucre, la mandioca, el sorgo dolç i, en condicions més properes a les de Catalunya, el blat, el blat de moro, i l'arròs. El procés global es descompon en pretractament de la matèria primera, hidròlisi de la mateixa, fermentació alcohòlica i la separació i purificació del bioetanol obtingut. D'altra banda, en el procés també s'obté una quantitat important (un 40% en pes aproximadament) de productes dessecats de destil·leria (DDGS). Aquest producte té un alt contingut en proteïna vegetal i s'està utilitzant amb gran èxit com a ingredient a les formulacions per als pinsos d'animals. Pel que fa al biodièsel, aquest és un combustible sintètic que s'obté industrialment a partir d'olis vegetals o, en menor mesura, de greixos animals i olis de cuina reciclats com a matèries primeres. Els principals conreus oleaginosos productors de biodièsel són el cotó, la soja, la mostassa, la jatropha, la palma i, a les condicions de producció properes a Catalunya, la colza i el gira sol.

Malgrat les grans diferències en les condicions geoclimàtiques i de conreu que determinen la productivitat dels agrosistemes, existeixen estimacions a la bibliografia sobre la quantitat de biocombustible que es pot obtenir anualment per cada hectàrea de sòl agrícola (Taula 4.5). Per altra banda, segons l'EUROSTAT⁴¹, el poder energètic d'aquests biocombustibles és de 0,78 tep m⁻³ en el cas del biodièsel i de 0,51 tep m⁻³. Això vol dir que si es volgués reemplaçar totalment els prop de 40 ktep de gasoil agrícola que es consumeixen anualment a les comarques de Ponent (Taula 3.4) per un biodièsel produït amb una obtingut amb una eficiència de 1 m³ per hectàrea i any, caldria destinar unes 51.000 ha de sòl agrícola a aquest propòsit, equivalent al 15% de la SAU disponible a les comarques de Ponent.

Aquest combustible està fet a partir de productes de ramaderia i agricultura extensiva, que en comptes d'usar-se per a l'alimentació humana, es cremen per a ser usats com a combustible, emetent igualment diòxid de carboni, fent pujar els preus de l'alimentació bàsica al primer món i presentant greus problemes ambientals globals, de sostenibilitat i de capacitat de càrrega a la Terra. Aquests productes no es cultiven ni fabriquen amb criteris "bio" ni poden tenir les etiquetes amb aquest nom establertes per la Unió Europea. Això posa de manifest els efectes creuats que pot generar la competició de sòl entre els usos alimentaris i els energètics. Per una banda, les autoritats europees estan interessades a disminuir les produccions agrícoles que consideren excedentàries, i la producció de biocombustibles és una oportunitat per mantenir l'activitat del primer sector. Per altra banda però, l'expansió a escala global dels conreus energètics a costa de terres de cultiu alimentaris pot ser causa de desforestació i també hi ha un risc evident d'inflacionari dels preus dels aliments, agreujant els actuals problemes de fam de certes regions del planeta.

4.2.3. Energies renovables d'origen no biològic

Aquest estudi també ha considerat el potencial d'energia solar fotovoltaica ja que, encara que no sigui d'origen biològic, té un potencial d'implementació molt gran en l'àmbit agroalimentari. Com a prova d'això, l'any 2020 es van registrar a Catalunya més de 200 projectes per desplegar instal·lacions

⁴¹ EUROSTAT: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Tonnes_of_oil_equivalent_\(toe\)](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Tonnes_of_oil_equivalent_(toe))

fotovoltaïques sobre una superfície de 7.000 hectàrees.

Per estimar el potencial de la radiació solar com a energia renovable a les comarques de Ponent, s’ha elaborat un mapa de radiació solar incident en kWh/m² (Figura 4.9), a partir del model digital d’elevacions de 30 m (ICC, 2012) i amb l’eina GIS “Area solar radiation” de ArcGIS 10.8 (Esri, 2011). Pràcticament totes les comarques presenten una radiació solar anual força homogènia, entre els 1.100 i 1.300 kWh/m². Només la comarca de la Noguera presenta valors superiors per causa de la seva orografia més irregular, que poden arribar als 1.500-1.600 kWh/m² a les carenes muntanyoses orientades al sud, i inferiors als 1.000 kWh/m² en les orientades a nord.

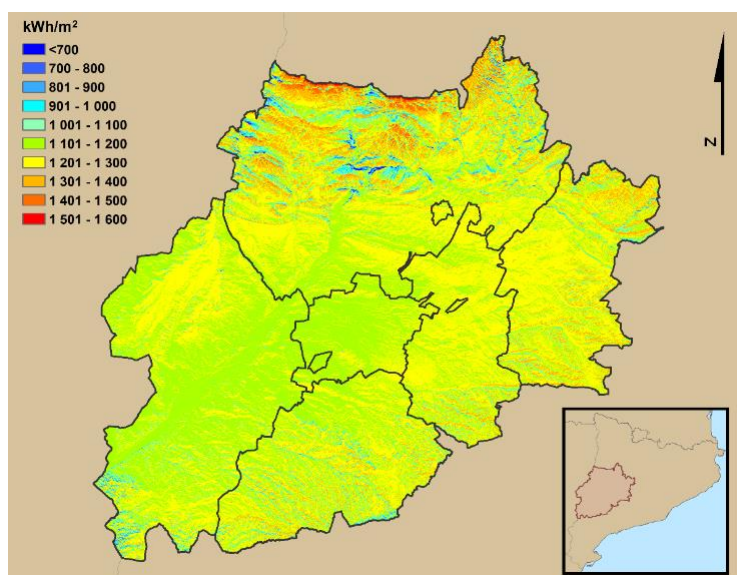


Figura 4.9. Radiació solar anual incident a les comarques de Ponent en kWh/m² (resolució 30 m²).

De fet, la mitjana del valor l’energia radiant anual incident a les comarques de Ponent és de 1.203 kWh/m², amb una desviació estàndard de només 64 kWh/m², poques variacions entre comarques (Taula 4.6). Tenint en compte que la principal demanda d’energia elèctrica és produïda per part de les explotacions ramaderes, i que a Ponent hi ha 4.706 granges (Taula 2.3) que consumeixen uns 2.146,94 GWh per any (Taula 3.6), de mitjana cada granja té un consum anual d’electricitat equivalent a 467,2 MWh. Així doncs, si volguéssim cobrir tota aquesta demanda d’una granja mitjana mitjançant la instal·lació de panells solars d’autoconsum amb una eficiència del 20%, caldria una superfície mitjana de prop de 2.000 m² per explotació.

Taula 4.6. Radiació solar incident a les comarques de Ponent (kWh/m²/any).

Comarca	Mínima	Màxima	Rang	Mitjana	Desv. Est.
Garrigues	640	1.469	830	1.198	78
Noguera	199	1.587	1.388	1.211	113
Pla d’Urgell	957	1.337	380	1.194	16
Segarra	622	1.426	804	1.225	73
Segrià	481	1.378	897	1.185	54
Urgell	701	1.424	722	1.208	50
Total/mitjana	600	1.437	837	1.203	64

4.3. Obtenció d'altres compostos i amb valor afegit

A la secció anterior ja s'han donat alguns exemples de biorefineria per a la valorització de la biomassa lignocel·lulòsica residual, tecnologia que en aquest àmbit encara es troba en un procés de desenvolupament relativament incipient. La biomassa residual que prové de la indústria agroalimentària és particularment important a les comarques de Ponent, tant en termes quantitius com pel que fa al seu potencial d'extracció de bioproductes de valor afegit, més enllà de la valorització energètica o com a fertilitzants (digestió anaeròbia i compostatge). Per a que això sigui possible cal integrar diferents processos de valorització en cascada, que actuïn de forma sinèrgica, en instal·lacions basades en el concepte de biorefineria (Figura 4.10). Per exemple, molts d'aquests processos extractius requereixen d'energia tèrmica i/o elèctrica, que pot ser aportada per altres processos de la pròpia instal·lació, com ara en digestors anaerobis per produir biogàs, amb la crema de biomassa, i la producció fotovoltaica.

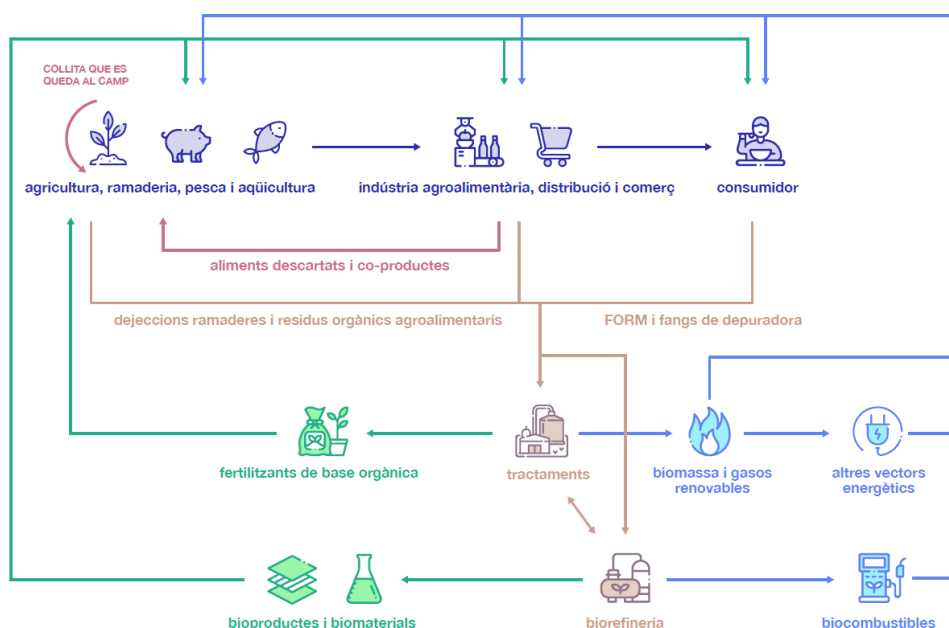


Figura 4.10. Diagrama dels bioproductes que es poden produir a partir de la valorització dels residus orgànics del sistema agroalimentari, des d'una visió integrativa amb la implementació de biorefineries (Font: ECB2030).

La biomassa residual vegetal generada a Catalunya durant l'any 2020 a Catalunya per part de la indústria de producció de suc de fruites i hortalisses va ser de 6.831,7 tones de bagàs⁴² (un 71% del total) i 2.684,6 tones (28% del total) de productes en mal estat, i l'1% restant són altres residus alimentaris (ECB2030). Per obtenir estimacions més desagregades i en l'àmbit territorial de les comarques de Ponent, s'han pres com a referència les dades de producció agrària dels principals conreus generadors de subproductes, publicades a les estadístiques del DACC l'any 2020, i s'han aplicat diferents coeficients de pèrdua alimentària durant la seva transformació elaborats per l'IRTA⁴³.

⁴² Bagàs: residu que resulta de certs processos d'elaboració d'aliments, com el premsatge de fruites, olives i llavors oleaginoses, un cop s'ha tret suc. També es coneix com a refeta, sansa, pinyola o molla.

⁴³ IRTA: https://ruralcat.gencat.cat/documents/20181/7267744/Cromoguia+Vegivalue_Activitat+303_2018.pdf

4.3.1. Sector de la fruita

La producció de fruita dolça de llavor (poma i pera) i de pinyol (préssec i nectarines) és particularment important a les comarques de Ponent, especialment a les planes del Segrià i de l'Urgell. L'any 2020 es varen produir 149.341 tones de poma, 125.873 tones de pera, 176.516 tones de préssec, i 129.876 tones de nectarines, que en termes de massa, van correspondre al 61% del total de la fruita dolça produïda a Catalunya. Una bona part d'aquesta fruita es destina al consum en fresc, mentre que l'altra es processada principalment per a l'elaboració de suc, nèctars, cremogenats⁴⁴, conserves, melmelades i fruita dessecada. No és fàcil obtenir estadístiques fiables sobre les quantitats de fruita que segueixen cada una d'aquestes rutes de comercialització, ja que els canvis de la normativa europea sobre l'Organització Comú dels Mercats (OCM) de 2008 va eliminar l'obligatorietat de declarar la quantitat de fruita amb destí conserva. En aquest treball s'ha optat per utilitzar els factors proposats per la FAO (Taula 4.7). Segons aquesta estimació, a les comarques de Ponent es podrien generar cada any unes 103.753 tones de subproductes, fonamentalment bagàs, procedents de la transformació industrial de la fruita dolça.

Taula 4.7. Estimació de la generació potencial de subproductes de la indústria de transformació de la fruita a les comarques de Ponent, a partir de les dades de collita dels principals conreus.

Fruita	Producció (t/any)	Indústria transformadora (%)	Fracció no aprofitada ¹ (%)	Subproductes (t/any)
Poma	149.341	70	30	31.362
Pera	125.873	70	30	26.433
Préssec	176.516	60	25	26.477
Nectarina	129.876	60	25	19.481
Total	581.606			103.753

Per altra banda, el sector de la fruita és particularment sensible a les fluctuacions productives, de forma que sovint cal retirar excedents del mercat. També es desestimen aquelles fruites que no compleixen amb uns determinats estàndards de comercialització (aparença, calibre, etc.). Segons dades de l'Observatori de la Fruita⁴⁵, l'any 2020 a Catalunya es varen retirar 2.860 tones de pomes, peres, préssecs i nectarines, que correspon a un 0,4% de la producció total d'aquests mateixos fruits (716.406 tones). Per minimitzar les pèrdues alimentàries, una part d'aquesta fruita es destina a l'elaboració de suc i es lliura als Bancs dels Aliments en aquest format gratuïtament, arran d'un conveni signat el 2019 entre la Federació de Cooperatives Agràries de Catalunya (FCAC) i la Federació Catalana de Bancs d'Aliments.

Taula 4.8. Quantitat estimada de subproductes procedents del sector fructícola que es generen anualment a les comarques de Ponent, i productes i compostos d'alt valor afegit que es poden obtenir a partir d'ells.

Subproducte (tones/any)	Tractament	Producte
Bagàs (103.753)	Hidròlisi àcida	Pectina
	Extracció i refinació	Oli de pinyol de préssec o de llavor de poma
	Extracció i filtració	Pèptids bioactius del pinyol de préssec
	Extracció i filtració	Compostos antioxidants

⁴⁴ Cremogenat: part comestible de fruites senceres o pelades que ha estat tamisada, triturada o esmicolada sense eliminar el suc.

⁴⁵ Observatori de la Fruita:

https://agricultura.gencat.cat/web/contenut/de_departament/de02_estadistiques_observatoris/08_observatoris_sectorials/03_observatori_de_la_fruita_fresca/informes_anuals/fitxers_estatics/DARP-Informe-anual-2020-Observator-Fruita_v2-mod.pdf

El bagàs és el principal subproducte del processament de la fruita dolça, i s'obté a partir del premsat de la pell i polpa per extreure'n el suc. El bagàs encara conserva una bona part dels compostos nutricionals i bioactius de la fruita original, i a partir d'ell se'n poden extreure una varietat de bioproductes que poden tenir un interès per a la indústria alimentària, cosmètica, o farmacèutica (Taula 4.8).

4.3.2. Sector vitivinícola

El sector de la producció vitivinícola genera un gran nombre de subproductes que són susceptibles de ser valoritzats des d'una perspectiva basada en biorefineries (Taula 4.7), més enllà de la producció de compost o biogàs, o l'aprofitament com a co-productes per a l'alimentació animal. S'estima que entre el 25% del raïm per a la producció vinícola acaba en forma de subproductes orgànics. Tenint en compte que a les comarques de Ponent es produeixen anualment 28.741 tones de raïm per a vi (dades del 2020; el 56% del total es produeix a la comarca del Segrià), això significa que el sector vitivinícola genera cada any unes 7.185 tones de subproductes orgànics. Segons dades bibliogràfiques (Ruggieri et al. 2009), el 62% d'aquests subproductes correspondrien a la brisa⁴⁶, el 14% a vinasses⁴⁷, el 12% a raspons⁴⁸, i el 12% restant a llots de depuradora pel tractament de les aigües residuals.

Taula 4.7. Quantitat estimada de subproductes procedents del sector vitivinícola que es generen anualment a les comarques de Ponent, i productes i compostos d'alt valor afegit que es poden obtenir a partir d'ells (Devesa-Rey et al. 2011, Manzano Prieto 2016).

Subproducte (tones/any)	Tractament	Producte
Brises (4.455)	Premsat	Oli de llavor de raïm
	Extracció per liofilització	Antioxidants alimentaris i farmacèutics
	Rentat, assecatge, tallat i tamisat	Adsorbent de metalls pesants
	Fermentació i/o destil·lació	Etanol
	Extracció per liofilització	Colorant alimentari (Enocianina, E-163)
Vinasses (1.001)	Tractament alcalí, microones, fermentació	Àcid làctic
	Solubilització i precipitació; electrodiàlisi	Àcid tartàric
	Fermentació amb <i>Trichoderma viride</i>	Agent de biocontrol
	Fermentació per <i>Aurobasidium pululans</i>	Pul·lulà
	Altres fermentacions amb llevats	Biomassa fúngica rica en proteïnes
Sarments i raspons (862)	Hidròlisis i fermentació	Àcid làctic, xilitol, biosurfactants
	Pre-hidròlisis i extracció alcalina	Àcids ferúlic i p-cumàric, fenols

4.3.3. Sector oleícola

Les comarques de Ponent tenen una superfície agrària on històricament han predominat els conreus de secà, com ara el de l'olivera. En total, l'any 2020 es varen recol·lectar 56.048 tones d'olives destinades a la producció oleícola, el 58% de les quals van correspondre a la comarca de les Garrigues. De forma semblant al sector vitivinícola descrit a la secció anterior, el premsat de les olives genera una sèrie de residus que com a tals són difícils de gestionar, però a partir dels quals també se'n poden obtenir bioproductes interessants. El percentatge de matèria descartable durant el processament de les olives

⁴⁶ Brisa: residu sòlid que s'obté després de premsar el raïm per a fer vi. El componen la rapa, la pellofa, el pinyol i la polpa que resta.

⁴⁷ Vinassa: microorganismes, principalment llevats, que es produeixen durant la fermentació i que en morir s'acumulen i descomponen al fons dels dipòsits de vi juntament amb altres substàncies.

⁴⁸ Raspó: estructura llenyosa que suporta el conjunt de grans que formen un raïm.

per a la producció d'oli és del 25%, en forma de dos subproductes principals, la oliassa⁴⁹ i la pinyolada⁵⁰, llavors la quantitat generada d'aquests subproductes a les comarques de Ponent seria de 14.012 tones l'any. Aquests sistemes s'anomenen de tres fases ja que generen oli, oliassa (aigua residual), i pinyolada (residu sòlid). Aquests productes secundaris, especialment la pinyolada, són valuosos perquè a partir d'ells es poden recuperar i reutilitzar una gran varietat de molècules bioactives com ara polifenols, antocians, tanins, flavonoides i pectina (Taula 4.8).

Taula 4.8. Quantitat estimada de subproductes procedents del sector oleícola que es generen anualment a les comarques de Ponent, i productes i compostos d'alt valor afegit que es poden obtenir a partir d'ells (Otero et al. 2021).

Subproducte (tones/any)	Tractament	Producte
Pinyolada i oliassa (14.012)	Extracció química	Oli de pinyolada
	Hidròlisi àcida	Pectina
	Tractament per membranes	Compostos fenòlics
	Extracció química	Antocianines, tanins, i flavonoides

A principis de la dècada dels 90 va aparèixer un sistema nou d'extracció d'oli per centrifugació, que produeix fonamentalment dues fases, l'oli i la pinyolada. Se l'ha anomenat "sistema ecològic", ja que redueix fins a un 40% l'ús d'aigua i no produeix oliassa. L'aigua que aniria a parar a aquesta darrera s'incorpora a la pinyolada, que es caracteritza per tenir un major grau d'humitat i una concentració de polisacàrids i pectines més elevada que la pinyolada tradicional. En molts molins d'oli la pinyolada se sotmet a una segona centrifugació de dues o tres fases (anomenada de repàs), d'on s'obté un oli llampant sense la necessitat d'usar dissolvents orgànics, un residu sòlid conegut com a orujillo i en el cas de els sistemes de tres fases, novament oliassa. Actualment la major part dels molins han adoptat el sistema ecològic i es calcula que a Espanya més del 90% de les olives es processen per aquest sistema, amb la consegüent reducció del problema mediambiental de la oliassa.

4.3.4. Sector ramader

No s'han pogut trobar dades corresponent al nombre d'animals sacrificats i el seu pes equivalent a nivell de les comarques de Ponent, però aquestes dades sí estan disponibles per la Província de Lleida gràcies a l'Enquesta de Sacrifici en Escorxadors que publica el DAAC⁵¹. Tenint en compte la important concentració ramadera que hi ha a Ponent, s'han agafat aquestes dades com a representatives de les comarques de Ponent, encara que estiguin lleugerament sobreestimades (Taula 4.9).

El sector porcí és la primera producció ramadera quant a importància econòmica y potencial de generació de subproductes a les comarques de Ponent. De cada 100 kg de porc viu se n'obtenen entre 65 i 70 kg de carn. Aproximadament la meitat dels 30 kg restants es poden utilitzar com a diversos tipus de subproductes, ja sigui directament o mitjançant processament per obtenir determinades substàncies d'interès. L'altra meitat no pot ser aprofitada, ja sigui per les limitacions de la normativa SANDACH o pel seu poc valor, i s'haurà de gestionar com a residu. Aquests percentatges de referència, corresponents a la diferència entre el pes viu i el pes de canal, s'han considerat per a tots els animals de granja. D'acord amb aquestes assumpcions (Taula 4.9), la generació anual de subproductes carnis aprofitables a les comarques de Ponent s'aproparia a les 87.458 tones, essent la principal font amb diferència el sector porcí (64%), seguit per l'avícola (30%).

⁴⁹ Oliassa: També coneguda com a morca, és el residu líquid o pastós que s'obté en l'extracció o molta de l'oli d'oliva.

⁵⁰ Pinyolada: També coneguda com a sansa, és el subproducte de l'extracció en un molí de l'oli d'oliva. En el sistema tradicional d'extracció és residu sòlid, amb un grau d'humitat d'entre 25 i 30%.

⁵¹ DAAC: <https://agricultura.gencat.cat/ca/departament/estadistiques/ramaderia/enquesta-sacrifici-escorxadors/>

Taula 4.9. Quantitat estimada de subproductes procedents del sector carni que es generen anualment a la província de Lleida.

Cabana	Caps sacrificats	Pes canal total (tones)	Subproductes bruts (tones)	Subproductes aprofitables (tones)
Porcí	2.867.639	261.497	112.070	56.035
Boví	74.208	20.741	8.889	4.445
Oví	161.097	2.044	876	438
Cabrum	5.412	30	13	6
Equí	314	71	30	15
Avícola	99.347.000	121.778	52.191	26.095
Conills	1.741.000	1.974	846	423
Total	104.196.670	408.135	174.915	87.458

Tradicionalment sempre s’ha dit que del porc s’aprofita tot i en l’àmbit de la ramaderia industrial això continua essent així (Figura 4.11). Els intestins i bufeta, nets i secs, s'utilitzen tradicionalment com a budells per a embotits. D'altra banda, alguns òrgans com el pàncrees o la mucosa intestinal són font de productes farmacèutics de gran valor afegit com la insulina, cada cop més substituïda per la d'origen biotecnològic, o l'heparina.

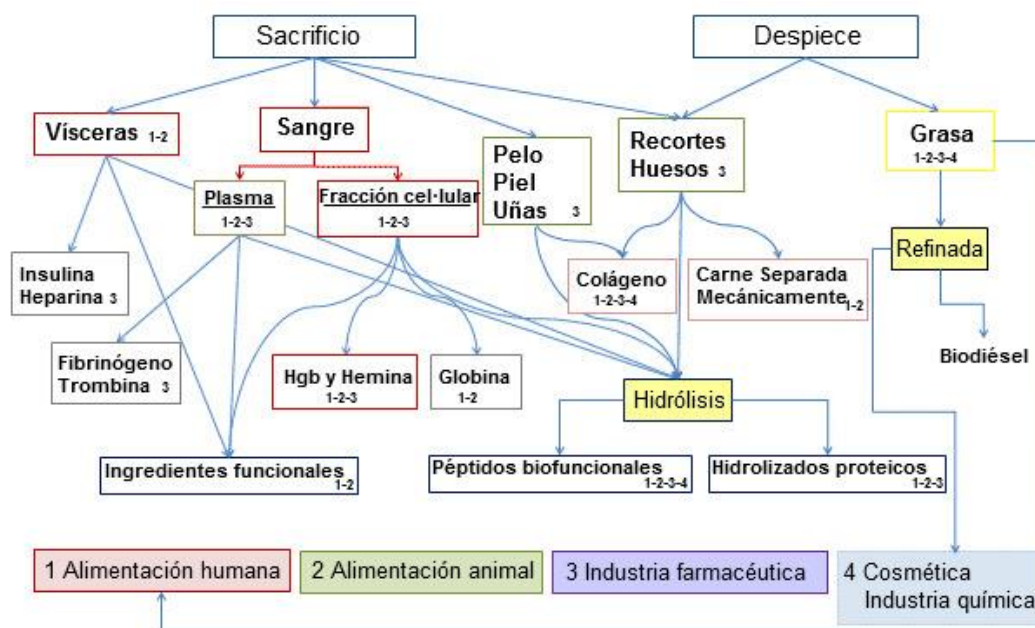


Figura 4.11. Diagrama dels bioproductes que es poden produir a partir de la valorització dels residus orgànics del sistema agroalimentari, des d'una visió integrativa amb la implementació de biorefineries (Font: 3tres3⁵²).

La sang, a més del consum tradicional com a primera matèria d'embotits, cada cop s'aprofita més per altres propòsits. Normalment la primera etapa de la valorització comença per la separació de la fracció cel·lular, constituïda pels glòbuls vermells que contenen l'hemoglobina, del plasma. El plasma es pot utilitzar com a ingredient funcional en aliments, especialment carnis, conservat per deshidratació o congelació. També es poden extreure proteïnes com la trombina i el fibrinogen, que tenen diverses aplicacions, i utilitzar el sèrum, o les seves proteïnes per separat, com a ingredients alimentaris. La fracció

⁵² 3tres3: <https://www.3tres3.com/articulos/aprovechamiento-de-subproductos-porcinos-44211/>

cel·lular és més difícil d'aprofitar per causa del seu color i aroma, però es pot utilitzar com a agent colorant o bé, de manera separada, el grup hemo com a font de ferro i la globina per les seves propietats funcionals. Una via d'aprofitament que s'està desenvolupant molt darrerament i que permet obtenir derivats amb un alt valor afegit és sotmetre les proteïnes del plasma o la globina a una hidròlisi enzimàtica per obtenir pèptids bioactius (antimicrobians, antihipertensius, opiacis, etc). Aquests processos també poden ser aplicables a d'altres subproductes com la pell o les vísceres.

Pel que fa al greix, la major part es destina al consum humà, de forma directa o com a ingredient en productes derivats. La qualitat tecnològica i dietètica del greix del porc és superior a la dels altres animals de consum. Tot i que una bona part del greix refinat es destina també a la indústria cosmètica i química. Durant els darrers anys els greixos no comestibles o de pitjor qualitat s'han utilitzat per a la fabricació de biodièsel, transformats en èsters metílics dels àcids grassos.

Finalment, els retalls, ossos i la pell es poden utilitzar per extreure el col·lagen i obtenir gelatina. La pell del porc també s'utilitza per part de la indústria adobera. Dels ossos també se n'extreu carn separada mecànicament apta per al consum humà o per a la fabricació de pinsos per a mascotes. De les restes d'aquests components, així com d'altres residus com les ungles i els cabells, se n'obtenen proteïnes per a alimentació animal. Aquestes fraccions també serien substrats acceptables per a la hidròlisi i obtenció de pèptids bioactius amb potencial biofuncional.

5. NECESSITAT DE REEMPLAÇAMENT DELS RECURSOS NO RENOVABLES

El concepte de sostenibilitat d'una tecnologia determinada es defineix des de la perspectiva de tres grans eixos: la viabilitat tècnica i econòmica de la solució aportada, el benefici social que genera i, finalment, pel seu impacte sobre el medi ambient. A partir de les dades estimades prèviament, en aquesta secció es fa una anàlisi de l'impacte del potencial econòmic de les comarques de Ponent sobre la sostenibilitat, des de la perspectiva de la distribució de costos a la renda agrària.

5.1. Bioproductes i el seu impacte potencial sobre l'estructura de costos

Les despeses d'una explotació agrícola o ramadera es divideixen en els costos variables associats a la pròpia activitat i els costos fixos, a més dels possibles costos d'arrendaments, mà d'obra, interessos i amortitzacions. Els costos variables contemplen fonamentalment la compra d'insums, com ara llavors i animals, els fertilitzants i el pinso, els productes fito- i zoo-sanitaris, així com l'energia. D'acord amb les dades del Ministeri d'Agricultura i Pesca (MAPA⁵³), les despeses totals associades al consum de productes per part del sector agro-ramader català durant l'any 2019 va ser de 2.831,4 M€. La principal despesa amb molta diferència (pràcticament dos terços del total amb 1.904,8 M€) va ser destinada a la compra de pinsos pels animals (Figura 4.1). Aquestes dades no s'han pogut trobar desglossades en unitats territorials administratives menors, com ara a nivell de província o comarca.

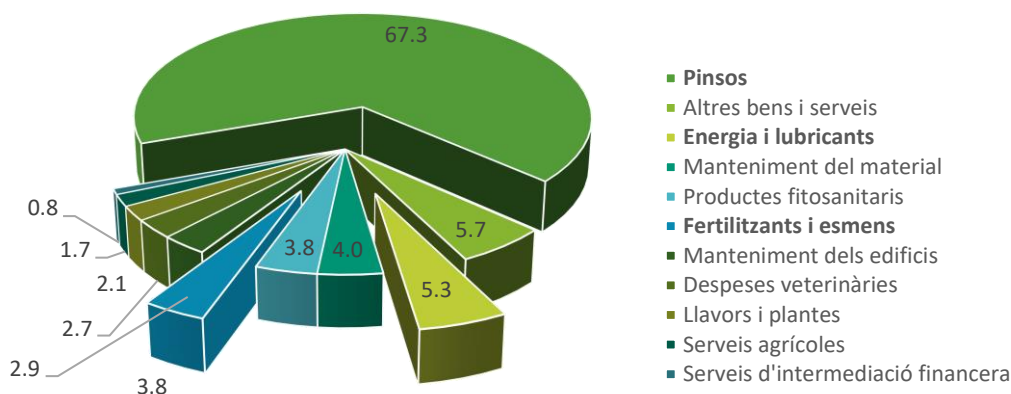


Figura 5.1. Estimació de la distribució de costos de la renda agrària a Catalunya durant l'any 2019 (Font: MAPA).

Després dels costos dels pinsos per l'alimentació dels animals, que només són rellevants en les explotacions ramaderes, les principals partides de despesa són les corresponents a l'amortització de la infraestructura i equipaments, l'energia i els lubricants, el manteniment del material, així com la compra de productes fitosanitaris i fertilitzants i esmenes del sòl, tots ells amb un pes sobre la renda agrària catalana entre el 3% i el 6%. Altres partides menors (<3%) inclouen el manteniment dels edificis, les despeses veterinàries, la compra de llavors i plantes, i els serveis agrícoles i d'intermediació financera. Des d'una perspectiva econòmica, les partides més rellevants per al reaprofitament i/o substitució de recursos no renovables per d'altres que sí ho siguin corresponen a la dels pinsos, l'energia, i els fertilitzants.

⁵³ MAPA: [https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/analisis-y-prospectiva/Indicadores Anual y territorial.aspx](https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/analisis-y-prospectiva/Indicadores%20Anual%20y%20territorial.aspx)

5.1.1. Alimentació animal: coproductes i subproductes

L'elevat cost dels pinsos posa de manifest la vulnerabilitat del sector ramader en relació a aquest recurs. Segons el RuralCat⁵⁴, Catalunya importa sis vegades més cereals, en bona part destinats a l'elaboració de pinsos, que aquells que produeix. Aquestes importacions es caracteritzen per la seva irregularitat pel que fa al país de procedència, essent més de la meitat d'origen extracomunitari, fet que n'encareix els costos, i incrementa els riscos de desproveïment i la petjada ambiental. Les mesures per atenuar aquests inconvenients passen per millorar la posició del sector com a comprador, incrementar l'ús del transport per ferrocarril, però també fomentar la producció i fabricació pròpia més eficient, i explorar les possibilitats d'incrementar el consum de matèries alternatives (utilització de subproductes i coproductes diversos). S'estima que la implementació combinada d'aquestes accions podria abaratir el preu de compra del pinso en un 60-80%.

Pel que fa a l'estratègia d'aprofitar subproductes i coproductes provinents de la cadena alimentària per a l'alimentació animal, segons l'enquesta industrial de productes de l'INE del 2019 (últim any disponible amb dades completes) publicada per l'IDESCAT⁵⁵, a Catalunya es varen produir 101.563 tones de subproductes vegetals que varen ser utilitzats per a l'alimentació animal (principalment brisa de raïm i d'altres fruites), que varen tenir un valor de mercat de 5,931 M€. Així doncs, l'estalvi econòmic obtingut equivaldria amb aquest subproductes va ser només del 0,3% de la partida de despesa de la renda agrària catalana destinada a alimentació animal (1.905,532 M€; Figura 5.1). El marge d'estalvi econòmic que s'obté actualment amb els subproductes destinats a l'alimentació animal és petit, fet que indica que hi pot haver molt marge de millora encara. La utilització de subproductes d'origen animal està restringida per qüestions de bioseguretat, segons les condicions que imposa el Reial Decret 1528/2012 on s'estableixen les condicions d'aplicació de la normativa comunitària sobre els SANDACH (subproductes animals no destinats a consum humà).

D'acord amb la jerarquia d'usos dels subproductes provinents de la cadena alimentària (Figura 1.1), cal prioritzar l'aprofitament per a l'alimentació animal per sobre d'estratègies alternatives com és la producció d'energia (biogàs) o de fertilitzants (digerit o compost). És de preveure que a mesura que s'incrementi la demanda per certs subproductes per l'alimentació animal i d'altres usos també ho farà el seu preu. A més de les econòmiques i normatives, també hi ha barreres de tipus tècnic per a la valorització d'aquests subproductes, relacionades amb el fet que solen ser heterogenis, sovint tenen una durada limitada i la seva oferta pot ser força variable en el temps, fet que comporta importants reptes a nivell logístic. Per altra banda, el valor nutricional d'aquests productes pot ser limitat i, de manera general pels monogàstrics, s'aconsella que el màxim nivell d'inclusió no hauria de superar el 15% de la dieta (de Lange et al. 2006). Noves vies a explorar inclouen la utilització d'aquests d'alguns d'aquests subproductes per a la producció d'insectes, com a font alternativa de proteïna per a l'alimentació animal, i en alguns casos fins i tot humana.

5.1.2. Energia: biocombustibles, biogàs, i solar fotovoltaica

En l'estructura de costos de les explotacions agro-ramaderes catalanes també destaca el consum d'energia, amb un del 5,3% de la renda agrària, que equival a 150,1 M€ l'any (Figura 5.1). Aquestes partides són especialment importants a les explotacions exclusivament agrícoles, sense activitat ramadera. Com s'ha vist a la Secció 3.2, la principal font d'energia en l'àmbit agrari és el gasoil, mentre que en el ramader és l'electricitat. Pel que fa a la substitució del gasoil convencional per biodièsel, en termes econòmics el preu de venda al públic del segon encara és superior al del gasoil convencional. Entre els anys 2018 i 2021, el preu al consumidor del biodièsel ha oscil·lat entre 1 i 1,36 €/L, si bé una part molt important del preu final correspon a taxes (el preu abans d'impostos en aquest mateix període va ser de

⁵⁴ RuralCat: <https://ruralcat.gencat.cat/documents/20181/335924/DLFE-14421.pdf/8f572039-d968-4bba-88d8-59ec345724fe>

⁵⁵ IDESCAT: <http://www.idescat.cat/industria/eip?id=1039300004>

0,45-0,75 €/L)⁵⁶. Durant els anys relativament estables de 2018 a 2019, el biodièsel a base d'oli vegetal va ser un 72% més car que el gasoil convencional (a l'engròs i en termes energètics equivalents). El 2021, però, va veure un increment massiu dels preus tan dels combustibles fòssils i dels biocombustibles. La guerra d'Ucraïna que va començar a finals de febrer de 2022 ha tensionat encara més aquests mercats, i el maig d'aquest mateix any el biodièsel va ser gairebé un 100% més car que el dièsel fòssil⁵⁷. Aquest fet posa en evidència el conflicte de la competició pel sòl agrari entre la producció alimentària i energètica que comporten els biocombustibles de primera generació. Com s'ha indicat prèviament, si a les comarques de Ponent es volgués reemplaçar tot el dièsel consumit anualment per la maquinària agrària amb biodièsel, caldria destinar-hi una superfície de conreus equivalent a un 15% de la superfície agrària disponible.

En general es considera que els biocombustibles de primera generació (elaborats a partir de cultius en terres de conreu) són neutres pel que fa a les emissions de gasos d'efecte hivernacle, ja que el carboni emès ha estat capturat de l'atmosfera pels cultius utilitzats en la seva producció. Tanmateix, avaluacions del cicle de vida han demostrat que generen un elevat nivell d'emissions associat al canvi potencial d'ús del sòl (desforestació) necessari per produir les matèries primeres. Si no hi hagués cap canvi en l'ús del sòl, els biocombustibles de primera generació podrien, de mitjana, tenir emissions més baixes que els combustibles fòssils, però aquesta reducció de les emissions s'aconseguiria a costa d'altres impactes, com l'acidificació, l'eutrofització, la petjada hídrica i la pèrdua de biodiversitat (Jeswani et al. 2020). En canvi, els biocombustibles de segona generació (fabricats amb material lignocel·lulòsic com ara la palla, conreus captadors, bagaix, etc. sense competir amb la producció alimentària) poden tenir un major potencial per reduir les emissions, sempre i quan la seva producció no provoqui cap canvi d'ús del sòl, però el seu ús augmenta la competència per certs tipus biomassa i, conseqüentment, els costos de producció (Bryngemark 2019). Els biocombustibles de tercera generació (elaborats a partir d'algues) generen encara més emissions de gasos d'efecte hivernacle que els dels combustibles fòssils i, en general, no es consideren una opció factible a dia d'avui.

Un vector energètic que ha pres una gran volada durant els darrers anys és la producció de biogàs a partir de dejeccions ramaderes i residus orgànics agroalimentaris en general, i la conversió d'aquest a biometà per a la seva injecció a la xarxa de gas natural. Aquest és doncs un vector energètic distribuït en xarxa i força genèric, que pot servir tant per automoció com per generar escalfor i electricitat, que en la mesura que es generi a partir de biomassa residual suposa una contribució neta a la disminució directa (disminució de les emissions durant la descomposició dels residus) i indirecta (substitució de gas natural) de les emissions de gasos d'efecte hivernacle.

5.1.3. Fertilitzants: nutrients de base orgànica

El cost dels adobs va suposar l'any 2019 el 3,8% del total de la renda agrària de Catalunya, que equivalen a 107,6 M€ l'any (Figura 5.1). Tal com s'ha comentat a la secció 4.1.1, el valor econòmic potencial estimat a gener de 2021 pels nutrients generats amb les dejeccions ramaderes a les comarques de Ponent pujaria a 168,2 M€, valor força superior al cost que va suposar la partida de fertilització un any abans. Per causa del conflicte a Ucraïna i la pujada de preus dels fertilitzants inorgànics, aquesta mateixa estimativa amb dades de juny de 2022 el valor dels nutrients continguts a les dejeccions ramaderes pujaria a 297,9 M€, això és un increment del 77% en només un any i mig. En teoria, doncs, el valor d'aquest recurs compensaria amb escreix la despesa el cost dels fertilitzants.

⁵⁶ EUROSTAT: <https://es.statista.com/estadisticas/1035124/evolucion-mensual-del-precio-de-un-litro-de-biodiesel-en-espana/>

⁵⁷ Transport & Environment: https://www.transportenvironment.org/wp-content/uploads/2022/06/202206_Billions_wasted_on_biofuels_TE.pdf

La principal ruta per a la valorització de les dejeccions ramaderes passa per aplicar els nutrients i la matèria orgànica que contenen al sòl, com a fertilitzants orgànics. Aquesta incorporació pot ser directa, o després de diferents processos de transformació per obtenir productes fertilitzant amb més valor. L'escampament de les dejeccions ramaderes als camps de conreus (aplicació directa), sense fer-hi cap transformació prèvia, és l'opció que s'ha aplicat tradicionalment per causa de la seva simplicitat, però comporta una sèrie d'inconvenients quan es fa a gran escala:

- La baixa concentració dels nutrients de les dejeccions fa que en zones amb una elevada densitat ramadera que són excedentàries en nutrients orgànics, sigui econòmicament inviable transportar les dejeccions a camps més distants.
- Sol ser difícil aplicar dosis adequades dels nutrients a partir de les dejeccions, per la pròpia heterogeneïtat i la desproporció en que es troben els nutrients.
- L'aplicació directa de les dejeccions comporta emissions de gasos d'efecte hivernacle, amoníac, males olors, i microorganismes patògens.

Conseqüentment, en aquest àmbit la innovació es dirigeix cap al disseny de sistemes d'aplicació que generen menys emissions, com la injecció o enterrament al sòl de les dejeccions, que incorporin mètodes de monitorització in-situ del contingut de nutrients i de geolocalització de l'aplicació, per garantir una fertilització més ajustada a les necessitats dels conreus i, en el cas de les zones vulnerables, fer un seguiment de la normativa ambiental vigent.

Un segon nivell de valorització de les dejeccions ramaderes té per objectiu adequar-les a les necessitats agronòmiques mitjançant tractaments fisicoquímics i biològics, per tal de produir fertilitzants orgànics de més qualitat. La generalització dels tractaments de les dejeccions en el marc agrari (dins de la pròpia granja) és una de les principals apostes actuals per millorar la gestió dels nutrients d'origen orgànic. El tractament de les dejeccions ramaderes també pot efectuar-se fora de les granges de manera més complexa i amb l'obtenció de fertilitzants comercials de base orgànica. Aquestes plantes externes es beneficien de l'especialització tècnica i de les economies d'escala per funcionar.

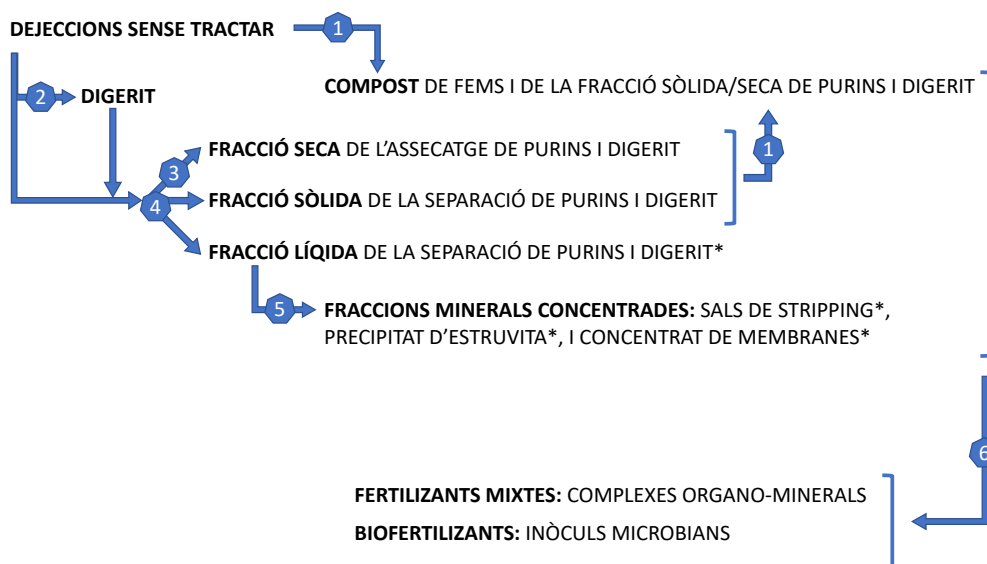


Figura 5.2. Classificació dels productes fertilitzants recuperats a partir del processat de les dejeccions ramaderes: (1) compostatge; (2) digestió anaeròbia; (3) assecatge solar; (4) separació sòlid/líquid; (5) processos avançats pel tractament de la fracció líquida (volatilització/absorció de l'amoní, precipitació d'estruvita, i separació per membranes); i (6) elaboració de productes de valor afegit. S'ha marcat amb un asterisc (*) aquells productes que poden ser susceptibles de ser considerats com a productes RENURE (Huygens et al. 2020).

Els tractaments més utilitzats actualment a les comarques de Ponent dins del marc agrari són la separació dels purins en les fases líquida i sòlida, i el compostatge de fems, gallinasses, i de la fase sòlida dels purins prèviament separats. Les dejeccions tractades solucionen alguns dels inconvenients, com ara que es redueix el contingut d'aigua i s'incrementa la proporció de certs nutrients i de matèria orgànica i, en cas del compost, s'higienitza el producte tractat (Figura 5.2). Un tercer tractament plenament consolidat en l'àmbit de les dejeccions ramaderes i amb un elevat potencial d'aplicació en l'àmbit de la bioeconomia és la digestió anaeròbia. A partir d'aquest procés s'obtenen dos productes: el biogàs (gas combustible) i el digerit (fertilitzant orgànic estabilitzat). La implementació de plantes de digestió anaeròbia representa una important inversió, que sovint no pot ser assumida per les empreses ramaderes més petites. Les plantes centralitzades (fora del marc agrari) que donen servei a diferents empreses ramaderes poden beneficiar-se de les economies d'escala, però estan subjectes a una major complexitat administrativa en la seva gestió, i majors costos i riscos sanitaris que suposa el transport de les dejeccions. Les noves oportunitats per a la digestió anaeròbia depenen dels incentius que es donen a la co-digestió amb d'altres residus orgànics de la indústria agroalimentària que tenen un major potencial de generació de metà, i a l'enriquiment i injecció d'aquest a la xarxa de gas natural en forma de biometà.

Els estímuls de l'administració i un marc normatiu més favorable suposa un important motor pel desenvolupament i consolidació, tant dels processos de tractament dels residus orgànics com dels productes fertilitzants que s'obtenen a partir d'aquests. L'any 2019 la Unió Europea (UE) va adoptar un nou reglament sobre fertilitzants que harmonitza la definició dels diferents productes com ara els biofertilitzants, que han estat inclosos com a bioestimulants. El reglament, que està a l'espera de la seva publicació definitiva al diari oficial de la UE, aporta transparència en l'elaboració dels fertilitzants i elimina barreres per a la seva comercialització dins el mercat europeu. Una important novetat d'aquest reglament pel que fa a una valorització més eficient dels nutrients d'origen orgànic, és que defineix un fertilitzant inorgànic en base al seu contingut de matèria orgànica (que ha de ser menor al 1%), i no per la font d'aquests nutrients, fet que podria facilitar l'aplicació de fraccions d'origen orgànic altament mineralitzades en zones vulnerables a la contaminació de nitrats per sobre dels límits establerts.

L'any 2020 la UE també ha publicat un informe tècnic (Huygens et al. 2020), en el que es proposa una nova categoria de fertilitzants derivats parcialment o totalment de les dejeccions ramaderes, denominada com a fertilitzants RENURE (de l'anglès *Recovered Nitrogen from manURE*; nitrogen recuperat de les dejeccions). Els fertilitzants RENURE es podrien utilitzar en zones vulnerables a la contaminació per nitrats, seguint disposicions idèntiques a les aplicades als fertilitzants químics nitrogenats. En aquestes circumstàncies, es pot incentivar una major substitució dels nutrients d'origen inorgànic que, en general, tenen una major empremta ambiental a nivell global que els d'origen orgànic. Els productes RENURE tenen un comportament geoquímic semblant als fertilitzants minerals, fet que suposa una millora tant des d'una perspectiva de fertilització com d'impacte ambiental, i s'ha proposat que puguin quedar exempts de les restriccions que marca la Directiva dels Nitrats de la Comissió Europea⁵⁸. Es considera, doncs, que les plantes processament de les dejeccions ramaderes per a la producció de fertilitzants és una component fonamental de la infraestructura de Ponent pel que fa a les plantes de valorització dels residus orgànics amb una perspectiva de biorefineria.

⁵⁸ CE: <https://eur-lex.europa.eu/ES/legal-content/summary/fighting-water-pollution-from-agricultural-nitrates.html>

6. CONCLUSIONS

A mode de resum de les qüestions més rellevants identificades es proposen les següents conclusions, convenientment agrupades d'acord amb les seccions principals d'aquest treball. Les dades quantitatives aportades fan referència a l'àmbit territorial de les comarques de Ponent, i es pren l'annualitat com a unitat temporal de referència.

Estructura del sector primari:

1. El sector agrícola es sustenta sobre una superfície útil conreada d'unes 300.000 ha, distribuïdes entre unes 17.000 empreses agràries. Els principals conreus en termes d'àrea ocupada són el cereal de gran (53%), la fruita dolça (12%), l'olivera (12%), els farratges (11%), la fruita seca (5%), i la vinya (2%).
2. En l'àmbit ramader hi ha unes 5.000 explotacions dedicades principalment al porcí (4.600.000 places), boví (132.000 places) i oví (128.000 places).
3. Segons el registres del JRC de la Unió Europea, hi ha 3 biorefineries operatives, 2 dedicades a la pasta i polpa de paper i 1 als compòsits i fibres d'origen biològic. Així mateix, hi hauria una quarta biorefineria a escala pilot per a la valorització de les tomates retirades del mercat per a extreure carotenoides, polifenols i aromes per produir dolços, hamburgueses vegetals, sopes i productes de fleca.
4. També hi ha 33 empreses gestores de residus orgànics, que majoritàriament es dediquen al processament de les dejeccions ramaderes i altres residus orgànics procedents de la indústria agroalimentària. Unes poques d'aquestes empreses (se n'han descrit 3 amb més detall) tenen un clar enfocament en el seu model de negoci cap a l'obtenció de productes d'alt valor afegit, com ara el biometà per a la seva injecció a la xarxa de gas natural, o el compost de qualitat per a l'agricultura ecològica.

Consum de matèries primeres no renovables:

5. Pel que fa al consum de fertilitzants inorgànics, assumint una repartició proporcional a la SAU, es consumirien de l'ordre de 14,3, 6,5, i 9,6 milers de tones (kt) de N, P₂O₅, i K₂O, respectivament. Les emissions directes de GEH associades a aquests fertilitzants equivalen a 67,6 ktCO₂-eq per any. Els fertilitzants inorgànics només cobririen una part de les extraccions anuals de nutrients, equivalents a 81,5 milers de tones (kt) de N total, 29,4 kt de P₂O₅, i 75,4 kt de K₂O.
6. El consum de gasoil es produeix fonamentalment a les explotacions agrícoles, i s'estima en uns 45,2 milers de m³ (39 ktep) per any. El 32% d'aquest consum es destinaria al conreu de fruiters de pinyol i llavor, i el 39% es consumiria al Segrià. En termes de GEH, el gasoil consumit emetria 146,9 ktCO₂-eq per any.
7. El consum d'energia elèctrica es produeix principalment a les explotacions ramaderes, i s'estima en 92,1 GWh per any. El 46% d'aquest consum es produeix al Segrià. Cal tenir en compte que el 69% del pool elèctric català prové de combustibles fòssils, i només el 5% d'energies renovables. L'alliberament de GEH per a la producció elèctrica seria equivalent a 21,9 ktCO₂-eq per any.
8. El principal material d'origen no renovable és el plàstic utilitzant principalment en els embalatges, i làmines cobertores per a diferents propòsits, que sovint tenen un sòl ús i són difícils de reciclar. No és fàcil quantificar la demanda d'aquests plàstics, però una estimació aproximada situa la xifra entre 4.602 i 11.632 tones, que serien responsables per la generació d'emissions de GEH equivalents a 11,7 i 29,7 ktCO₂-eq per any.

Potencial de reemplaçament dels recursos no renovables per renovables:

9. Els balanços anuals entre la generació de nutrients a partir de les dejeccions ramaderes i la seva extracció per part dels conreus indica que globalment hi hauria un excedent de de 18,1 kt de N i 15,5 kt de P₂O₅, i un dèficit pel que fa al K₂O de 13,5 kt. Això equival al +56%, +53% i -27% de les extraccions de NPK dels conreus (s'ha tingut en compte les limitacions d'aplicació en l'aplicació de nitrogen que imposa el Decret 153/2019 a les zones vulnerables a la contaminació per nitrats). Si la quantitat de nitrogen disponible a les dejeccions ramaderes es pogués aplicar sense restriccions, llavors encara faltarien 31,0 kt de N (un -38% de les extraccions), per cobrir les necessitats dels conreus. En termes de valor econòmic equivalent, les dejeccions ramaderes generades anualment tindrien un valor de 168,2 M€.
10. La quantitat de palla que es genera anualment arribaria a 2.834 kt, que si es valoritzessin en termes de biomassa per energia podrien generar 896 ktep. Ara bé, la palla té múltiples usos (alimentació i condicionament de remugants, elaboració de materials i biocombustibles, etc.) que entren en competència directa amb la valorització energètica i n'incrementen el seu preu. El valor actual de mercat de la palla generada pujaria a 226,7 M€.
11. La quantitat de restes fusta que es produeix anualment, tant de poda com de l'arrencada d'arbres s'estima en 459 kt, que si fossin valoritzats com a biomassa generarien una energia equivalent a 115 ktep. Aquesta font de biomassa no està tant valoritzada com la palla i fins ara sovint es cremava al propi camp. Això suposo una pèrdua de recurs, ja que el valor actual d'aquesta fusta en forma d'estelles de biomassa seria de 33,5 M€. El material ligno-cel·lulòsic també té altres usos alternatius en biorefineries per a l'obtenció de biomaterials i biocombustibles més sostenibles.
12. El potencial màxim anual de generació de biogàs a partir de les dejeccions ramaderes i dels residus orgànics de la agroalimentaris es de 629,2 milions de m³, que tindrien una energia equivalent a 350 ktep. Si tot aquest biogàs es purifiqués a biometà i s'injectés a la xarxa, es podria cobrir el 12% de les necessitats de gas natural de tota Catalunya. Prenent com a referència el preu del consumidor actual del gas natural, el valor del potencial de generació de biometà seria de 390 M€.
13. Els residus orgànics de la indústria agroalimentària representen una part relativament petita en termes del seu potencial de generació de biogàs, ja que només suposen el 6,8% del total. A més a més, aquests residus sovint tenen altres aprofitaments alternatius, com ara l'extracció d'additius, fibres, o com a alimentació animal, fet pel que poden entrar en competència amb la digestió anaeròbia.
14. A dia d'avui, la ruta de valorització dels residus orgànics per la via de la generació i injecció en xarxa del biometà només representa el 2% del potencial total existent. Actualment només hi ha dues plantes operatives, la de la Granja Torre Santamaria (Vallfogona de Balaguer), i la de Porgaporcs (Vilasana).
15. Si es volgués cobrir les necessitats de consum de gasoil del sector primari amb un substitut (biodièsel) obtingut a partir de cultius energètics, amb els rendiments actuals caldria destinar una superfície de conreu de 51.000 ha, equivalent al 15% de la superfície agrària útil.
16. Per altra banda, per compensar les necessitats de consum elèctric de totes les granges mitjançant la instal·lació de panells fotovoltaics, caldria que de mitjana cada una d'elles instal·lés una superfície de panells de 2.000 m².
17. Pel que fa a la transformació dels principals productes vegetals frescos, s'estima que cada any es generen 103.753 tones de bagàs de fruita dolça i 14.012 tones de pinyolada i oliasses. Pel que fa al sector vitivinícola, es generen 4.455 tones de brises, 1.001 tones de vinasses, i 862 tones de sarments i raspons.

18. Els subproductes provinents dels vegetals frescos tenen un gran potencial de valorització des d'una perspectiva de biorefineria per a l'extracció de compostos funcionals de valor afegit per a les indústries alimentària, cosmètica, i farmacèutica, abans d'arribar a processaments de tipus més finalista, com és el cas del compostatge o la digestió anaeròbia. Per altra banda, actualment una bona part del bagàs i la brisa es destinen a alimentació animal, probablement al ser la despesa en pinsos la partida més elevada de la renda agrària catalana, i és probable que una major demanda d'aquests productes pel seu biorefinat entraria generaria competència i increment de preus.
19. Els subproductes provinents del sector carni també tenen múltiples usos per a les indústries alimentària, cosmètica, i farmacèutica, encara que el seu aprofitament està subjecte a majors restriccions per qüestions de bioseguretat (normativa SANDACH). S'estima que anualment es poden arribar a produir 87.458 tones de subproductes aprofitables, i una quantitat equivalent que haurà de ser tractada com a residu. Els sectors que més subproductes generen són el porcí (64%) i l'avícola (30%).

Necessitat de reemplaçament dels recursos no renovables:

20. Si posem en context el valor econòmic potencial dels diferents bioproductes, amb la distribució de la renda agrària catalana, s'observa que la principal partida de despesa (un 67% sobre el total) correspon a l'adquisició de pinsos per a l'alimentació animal. Per altra banda, el proveïment de matèria primera per fabricar pinsos es fonamenta en la importació fet pel qual és força vulnerable a les fluctuacions de disponibilitat i preus. En principi, doncs, tots aquells processos de valorització de subproductes orientats a l'alimentació animal tindran un impacte directe positiu sobre la renda agrària.
21. Encara que en una proporció força menor sobre la renda agrària catalana, la despesa energètica (5%) i la compra de fertilitzants (4%) també són partides importants, especialment per a les explotacions agràries no vinculades a la ramaderia. La producció de biogàs a partir de la co-digestió anaeròbia, i la seva conversió en biometà i injecció a la xarxa de gas natural s'està consolidant om a una opció interessant per a les granges de majors dimensions, o plantes col·lectives centralitzades, que tinguin accés a la infraestructura gasista. Cal llavors que el digerit generat sigui processat per obtenir productes de base orgànica que tinguin un elevat valor com a fertilitzants, i siguin fàcilment exportables allà on siguin necessaris.
22. Les plantes de compostatge convenientment tecnificades també són una opció interessant per a la producció de fertilitzants orgànics d'alta qualitat, aptes per al creixent mercat de l'agricultura ecològica, obtinguts a partir dels fems de la producció de monogàstrics (boví, oví, cabrum) i d'altres residus vegetals. Cal tenir en compte que el compostatge de les fraccions sòlides dels purins porcíns donarà productes de menor qualitat.
23. Les plantes finalistes per al tractament de les dejeccions ramaderes i els residus orgànics de la indústria alimentària, haurien de planificar-se i constituir-se com a "pal de paller" a partir del qual s'hi puguin incorporar altres processos de valorització en cascada, per extreure tot el potencial de valor afegit dels bioproductes, abans de la seva valorització energètica o com a fertilitzants.
24. Per altra banda, encara que la tecnologia no estigui tan consolidada com en altres tipus de plantes i processos, hi ha un elevat potencial per al desenvolupament i implementació de biorefineries destinades a la valorització del material lignocel·lulòsic que actualment es desaprofita en gran mesura (sobretot restes de poda i arbres arrancats).

7. BIBLIOGRAFIA CIENTÍFICA CONSULTADA

- Arzami, A.N., Ho, T.M., Mikkonen, K.S. (2022) Valorization of cereal by-product hemicelluloses: Fractionation and purity considerations. *Food Research International* 151, 110818.
- Bartolomé, D., Posado, R., Bodas, R., Tabernero de Paz, M., García, J., Olmedo, S. (2013) Caracterización del consumo eléctrico en las granjas de vacuno lechero de Castilla y León. *Archivos de Zootecnia* 62(239), 447-455.
- Bolinder, M.A., Janzen, H.H., Gregorich, E.G., Angers, D.A., VandenBygaart, A.J. (2007) An approach for estimating net primary productivity and annual carbon inputs to soil for common agricultural crops in Canada. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 118(1), 29-42.
- Bryngemark, E. (2019) Second generation biofuels and the competition for forest raw materials: A partial equilibrium analysis of Sweden. *Forest Policy and Economics* 109, 102022.
- Cordell, D., Drangert, J.-O., White, S. (2009) The story of phosphorus: Global food security and food for thought. *Global Environmental Change* 19(2), 292-305.
- de Lange, C.F., Zhu, C.H., Niven, S., Columbus, D., Woods, D. (2006) Swine liquid feeding: nutritional considerations, Western Nutrition Conference Committee.
- De Luca, A.I., Falcone, G., Stillitano, T., Iofrida, N., Strano, A., Gulisano, G. (2018) Evaluation of sustainable innovations in olive growing systems: A Life Cycle Sustainability Assessment case study in southern Italy. *Journal of Cleaner Production* 171, 1187-1202.
- Devesa-Rey, R., Vecino, X., Varela-Alende, J.L., Barral, M.T., Cruz, J.M., Moldes, A.B. (2011) Valorization of winery waste vs. the costs of not recycling. *Waste Management* 31(11), 2327-2335.
- Funes, I., Molowny-Horas, R., Savé, R., De Herralde, F., Aranda, X., Vayreda, J. (2022) Carbon stocks and changes in biomass of Mediterranean woody crops over a six-year period in NE Spain. *Agronomy for Sustainable Development* 42(5), 98.
- García-Galindo, D., Pascual, J., Asin, J., Garcia-Martín, A. (2007) Variability and confidence interval in the estimation of agricultural residual biomass at a municipality level in Teruel province (Spain), pp. 7-11.
- Ginni, G., Kavitha, S., Kannah, R.Y., Kant, B.S., Kumar, S.A., Rajkumar, M., Gopalakrishnan, K., Arivalagan, P., Lan, C.N.T., Banu, J.R. (2021) Valorization of agricultural residues: Different biorefinery routes. *Journal of Environmental Chemical Engineering* 9(4), 105435.
- Huygens, D., Orveillon, G., Lugato, E., Tavazzi, S., Comero, S., Jones, A., Gawlik, B., Saveyn, H. (2020) Technical proposals for the safe use of processed manure above the threshold established for Nitrate Vulnerable Zones by the Nitrates Directive (91/676/EEC). *JRC121636*, 170.
- Jansson, C., Westerbergh, A., Zhang, J., Hu, X., Sun, C. (2009) Cassava, a potential biofuel crop in (the) People's Republic of China. *Applied Energy* 86, S95-S99.
- Jeswani, H.K., Chilvers, A., Azapagic, A. (2020) Environmental sustainability of biofuels: a review. *Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* 476(2243), 20200351.
- Lebersorger, S. and Schneider, F. (2011) Discussion on the methodology for determining food waste in household waste composition studies. *Waste Management* 31(9), 1924-1933.
- Manzano Prieto, P. (2016) Caracterització i valorització dels subproductes de fruita i verdura a la indústria alimentària, Universitat Politècnica de Catalunya.
- Otero, P., Garcia-Oliveira, P., Carpena, M., Barral-Martinez, M., Chamorro, F., Echave, J., Garcia-Perez, P., Cao, H., Xiao, J., Simal-Gandara, J., Prieto, M.A. (2021) Applications of by-products from the olive oil processing: Revalorization strategies based on target molecules and green extraction technologies. *Trends in Food Science & Technology* 116, 1084-1104.
- Ruggieri, L., Cadena, E., Martínez-Blanco, J., Gasol, C.M., Rieradevall, J., Gabarrell, X., Gea, T., Sort, X., Sánchez, A. (2009) Recovery of organic wastes in the Spanish wine industry. Technical, economic and environmental analyses of the composting process. *Journal of Cleaner Production* 17(9), 830-838.
- Ugarte, J.L.A., Álvaro-Fuentes, J., Cantero-Martínez, C. (2013) La eficiencia energética en la agricultura de conservación frente a la agricultura tradicional, Fundación para la Promoción de la Ingeniería Agronómica.
- Ullah, K., Ahmad, M., Sofia, Sharma, V.K., Lu, P., Harvey, A., Zafar, M., Sultana, S., Anyanwu, C.N. (2014) Algal biomass as a global source of transport fuels: Overview and development perspectives. *Progress in Natural Science: Materials International* 24(4), 329-339.
- Wang, L., Xia, M., Wang, H., Huang, K., Qian, C., Maravelias, C.T., Ozin, G.A. (2018) Greening ammonia toward the solar ammonia refinery. *Joule* 2(6), 1055-1074.



Generalitat
de Catalunya

IRTA^R

Institut
de Recerca i Tecnologia
Agroalimentàries



Green & Circular
b. Ponent

Projecte
d'Especialització i
Competitivitat
Territorial (PECT)