

Anàlisi de les possibilitats de la bioeconomia circular per donar valor afegit a subproductes i residus agroalimentaris produïts a la comarca del Segrià i la zona del Baix Segrià.

Estudi realitzat pel Centre DBA- UdL

Lleida, Setembre 2018

Anàlisi de les possibilitats de la bioeconomia circular per donar valor afegit a subproductes i residus agroalimentaris produïts a la comarca del Segrià i la zona del Baix Segrià.

Estudi realitzat pel Centre DBA- UdL

Responsable de l'informe:
Edinson Yara Varón.

Estudi de recursos locals:
INDEXA

Revisió del document:
Ramon Canela Garayoa
Mercè Balcells Fluvià

Lleida, Setembre 2018

1. Objectiu.

El principal objectiu d'aquest informe és descriure les diferents fonts de materials lignocel·lulòsics (cel·lulosa, hemicel·lulosa i lignina) produïts a la zona del Baix Segrià a partir de biomassa no alimentària (residus agroalimentaris), així com els diferents processos de recuperació d'aquests materials i la seva aplicació en la preparació de productes d'alt valor afegit, tot això emmarcat dins de l'economia circular.

2. Introducció.

Durant els últims dos segles, l'explotació dels combustibles fòssils i els recursos naturals ha permès el desenvolupament de l'economia mundial. L'ús de recursos fòssils com a matèria primera per obtenir diferents productes i com a font d'energia, ha permès un període sense precedents de creixement demogràfic i econòmic. Al mateix temps, això ha generat efectes secundaris greus i no desitjats. Per tant, el model econòmic global actual, que depèn de la mobilització de biomassa fossilitzada, no és sostenible a llarg termini. Addicionalment, alguns factors com ara el creixement demogràfic i econòmic, que implica una demanda creixent d'energia i materials, així com l'augment dels preus del combustible a causa de la disminució de les reserves de petroli i els problemes mediambientals associats a l'ús excessiu de les reserves de combustibles fòssils han portat a la necessitat d'explorar models alternatius que, alhora que minimitzen el consum general d'energia i materials, maximitzin la participació dels recursos renovables en el sistema econòmic [1].

Aquests models alternatius, basats en la biomassa, giren entorn al que actualment coneixem com Bioeconomia, la qual té com a finalitat permetre un desenvolupament socioeconòmic sostenible, a través d'un ús eficient dels recursos naturals. La Bioeconomia abasta la producció de recursos biològics renovables i la conversió d'aquests recursos, i els residus generats, en productes de valor afegit, com aliments, pinsos, bioplàstics, productes intermedis i bioenergia. Així, segons l'estratègia i el pla d'acció de la Unió Europea, la raó principal darrere d'això, i altres plans i conceptes relacionats, és fer avançar aquesta Bioeconomia amb l'objectiu de, a llarg termini, reemplaçar la mobilització perjudicial de biomassa ja fossilitzada amb recursos de biomassa terrestre i marítima renovables, almenys parcialment [1]. En aquest context, els subproductes i residus de tipus lignocel·lulòsic, provinents de diferents processos agroindustrials, són materials atractius per complir amb aquest objectiu, així com el desenvolupament d'estratègies de valorització amb enfocaments tecnològics nets i la gestió ecoindustrial dins d'un concepte de biorefineria sostenible (Figura 1).

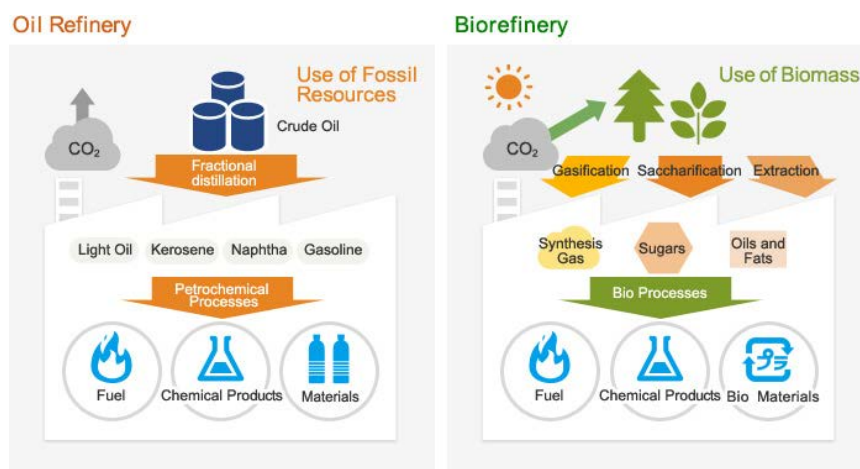


Figura 1. Esquema comparatiu dels principis bàsics de la refineria basada en el petroli i de la biorefineria [2].

La biomassa lignocel·lulòsica es pot descriure com l'element constitutiu principal de les parets de les cèl·lules vegetals. Aquesta biomassa produïda per la fotosíntesi és la font de carboni renovable més prometedora per solucionar els problemes actuals d'energia. La biomassa lignocel·lulòsica consta de tres components principals, cel·lulosa, hemicel·lulosa i lignina, a més a més de petites quantitats de pectina, proteïnes, materials extraïbles (materials no estructurals solubles com ara sucres no estructurals, material nitrogenat, clorofil·la i ceres) i cendres [3,4]. Anualment es produeixen al món unes 2×10^{11} tones de biomassa lignocel·lulòsica procedent de residus [5]. El fraccionament de la biomassa lignocel·lulòsica en els seus components principals cel·lulosa, hemicel·lulosa i lignina és de gran importància per al seu ús futur com a recurs renovable [6]. Actualment, la producció de paper a partir de fusta és el procés de fraccionament comercial operatiu més òptim, però utilitza només el 35% del total de biomassa, l'altre el 65% es considera com a residu i en la majoria dels casos és incinerat. Per tant, el fraccionament s'ha de fer de manera més eficient per competir amb altres recursos basats en petroli [4]. D'aquesta manera, es fa necessari desenvolupar tecnologies que permetin el màxim aprofitament d'aquest tipus de biomassa i per tant donar valor afegit a una gran quantitat de subproductes generats en el sector agroindustrial, com poden ser els generats a la zona del Baix Segrià.

3. Metodologia.

Els passos seguits per a la realització d'aquest informe han estat:

- Recerca d'informació bibliogràfica referent a la composició, processos de recuperació (extracció) i l'aplicació de materials lignocel·lulòsics en la preparació de productes d'alt valor afegit. Tota aquesta informació es va obtenir a partir de diferents bases de dades com ara: *SciFinder*, *Web of Science (WOS)* i *Scopus*. Així mateix, s'han obtingut dades directament de les pàgines web de les institucions governamentals i empreses relacionades amb l'ús de biomassa de nombrosos països.
- Recerca d'informació relacionada amb les fonts i volums anuals de biomassa lignocel·lulòsica procedent de residus agroalimentaris a la zona d'estudi (zona del Baix Segrià). Aquesta part de l'estudi s'ha subcontractat.
- D'altra banda, s'ha realitzat una anàlisi de la informació bibliogràfica disponible sobre els processos de recuperació i aplicacions dels principals components de la biomassa lignocel·lulòsica (cel·lulosa, hemicel·lulosa i lignina) i de la informació sobre les fonts de residus lignocel·lulòsics. Aquesta anàlisi ha permès en primer lloc l'estructuració de l'informe, en segon lloc la seva redacció i, en tercer lloc, l'obtenció de les conclusions del mateix.

4. Resultats y discussió.

La biomassa és un terme que abasta totes les criatures vivents o les seves deixalles, per tant és un recurs natural, renovable i disponible a escala mundial que s'ha utilitzat com a matèria primera per a la producció de productes químics des de l'antiguitat. Aquest recurs és un subministrament alternatiu ideal per a la producció de productes químics basats en el carboni. El concepte de biorefineria, inclou la integració de processos de conversió de biomassa per produir combustibles, energia, calor i productes químics de valor afegit. [7] La biomassa és una font d'energia neta, ja que el CO₂ pres a l'atmosfera per les plantes a través de la fotosíntesi, és utilitzat com a font d'energia i torna a l'atmosfera sense alliberament addicional de CO₂ [8]. Les plantes es poden usar directament com a font de biomassa així com també les matèries primeres de baix valor econòmic, com les deixalles d'origen vegetal, les deixalles agroindustrials, les deixalles domèstiques i les deixalles d'origen animal. En aquest context, en aquest informe ens centrem en l'ús de la biomassa lignocel·lulòsica procedent dels residus derivats d'activitats agràries i ramaderes.

4.1. Fonts de biomassa lignocel·lulòsica a la Comarca del Segrià i de la zona del Baix Segrià.

El present estudi es centra en l'aprofitament i la quantificació del residu del sector agroindustrial de les poblacions del Baix Segrià (Figura 2). Però per analitzar les oportunitats d'aprofitament i valorització dels residus de la zona d'estudi és important analitzar el que passa en un entorn proper. Per a això s'ha definit una àrea d'influència, que inclou la totalitat de la Comarca del Segrià, on es van analitzar les diferents fonts de biomassa lignocel·lulòsica provinents de l'agricultura, el sector forestal i de la indústria de transformació primària. Així mateix, concretament per la zona del Baix Segrià es van analitzar residus amb material lignocel·lulòsic provinents de la ramaderia i del sector agrícola.

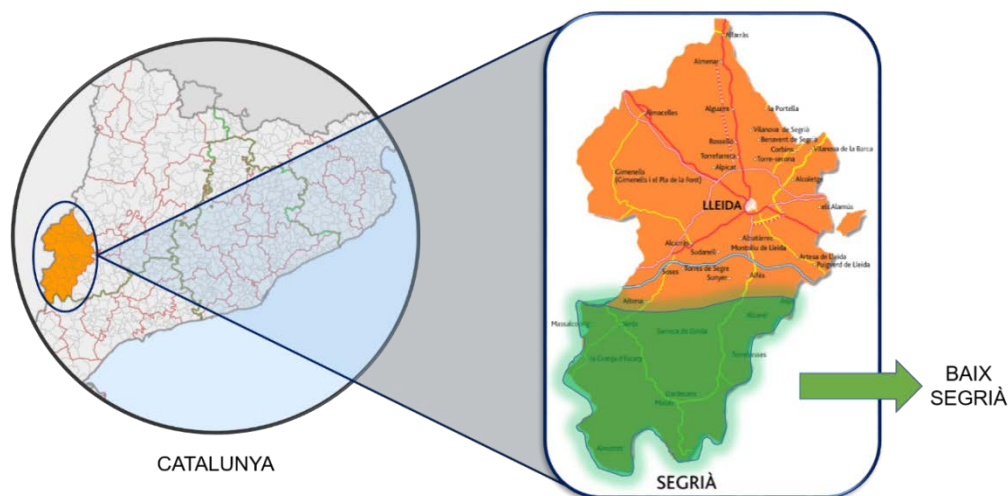


Figura 2. Àmbit d'estudi del projecte.

4.1.1. Fonts de biomassa lignocel·lulòsica del sector agrícola a la Comarca del Segrià.

La zona d'estudi compta amb una gran activitat agrícola i, d'acord amb la informació recopilada, a la Comarca del Segrià hi ha aproximadament més de 85.000 ha de terreny cultivades. Els conreus més importants són els cereals, principalment l'ordi i el blat; els fruiters, on destaquen la pera, la poma, el préssec i l'ametlla; les hortalisses, els conreus industrials; la vinya; les oliveres, i els farratges. A la taula 1 es mostra els diferents tipus de residus lignocel·lulòsics, les hectàrees conreades i les quantitats de biomassa residual generada.

Taula 1. Principals fonts de residus lignocel·lulòsics i quantitat de biomassa generada/any.

Tipus de cultiu	Ha	Biomassa Resid. (t)	Biomassa Resid. (tMS)*	Producció (t)	Sense collir (t)
Ordi	16121,97	32727,60	28800,29	128975,77	---
Panís	6734,45	152333,23	134053,24	101016,73	---
Alfals	6954,26	0,00	0,00	97359,65	---
Nectarines	6066,52	17188,47	13750,78	212328,20	10616,41
Presseguers	7296,14	20672,39	16537,92	255364,87	12768,24
Presseguers/nectarines	1777,09	5035,09	4028,07	62198,12	3109,91
Blat tou	3605,44	9878,92	8693,45	25238,11	---
Pereres	5231,14	20924,54	16739,63	209245,42	4184,91
Fruiters varis	1326,96	3759,72	3007,78	46443,59	2322,18
Ray-grass	1283,76	0,00	0,00	---	---
Guaret no sie/ sup. Lliure sembra	2801,98	0,00	0,00	0,00	---
Ametllers	5233,83	9595,36	7676,29	18318,42	91,59
Pèsols	567,37	---	---	---	---
Civada	515,84	943,99	830,71	---	---
Albercoquers	1047,31	2967,37	2373,90	36655,80	1832,79
Pomeres	1379,74	5794,93	4635,94	68987,23	1379,74
Vinyes	1890,22	6615,78	5292,62	0,00	---
Cirerers	569,14	1612,57	1290,05	19919,93	996,00
Guaret sie/ sup. Lliure sembra	1535,91	0,00	0,00	0,00	---
Festuca	922,24	0,00	---	---	---
Oliveres	9894,47	20118,76	16095,01	118733,68	118,73
Veces	167,50	---	---	---	---
Gira-sol	220,54	335,22	294,99	0,00	---
Caqui	50,48	142,86	114,29	0,00	---
Horta	154,46	---	---	---	---
Pereres/pomeres	268,22	1099,71	879,77	12069,95	241,40
Sorgo	28,04	296,92	267,23	---	---
Viver arbre i arbust	71,63	---	---	---	---
Nogueres	148,06	271,45	217,16	---	---
Vera i civada	70,29	128,62	113,19	---	---
Pruneres	102,14	289,05	231,24	3574,79	178,74
Magraner	65,10	217,01	173,61	1627,56	32,55
Pistatxer o festuc	256,74	470,69	376,56	---	---
Triticale	573,19	1163,57	1023,94	---	---
Codony	48,11	---	---	---	---
Arròs	28,87	357,95	322,15	---	---
SUMATORI	85.009,15	314.941,76	267.819,79	1.418.057,81	37.873,19

*tMS: tona mètrica seca

Tenint en compte els residus agraris i forestals produïts a la zona d'estudi, a la taula 2 es presenten en resum els principals tipus de residus de diferent fonts, així com la quantitat en

tones per any de biomassa seca i la quantitat de cel·lulosa que es podria obtenir a partir de cada residu. Així mateix, en la figura 3 es mostren els percentatges corresponents als diferents tipus de residus classificats per categories, dels quals els canyots representen gairebé la meitat de la biomassa residual (47,4%).

Taula 2. Principals fonts de residus lignocel·lulòsics i quantitat de biomassa generada/any en la comarca del Segrià.

Tipus de residu	Biomassa seca (t/any)	Cel·lulosa (t/any)
Palla	13.526,47	13.526,47
Canyot*	134.615,47	45.769,26
Sansa oliva	34.670,23	5.200,54
Fusta tova-dura	93.420,60	39.236,65
Subproductes d'asserradora	2.236,00	939,12
Macroalgues riu	---	0,51
Fruit no collit	5.263,89	431,64
Total	283.732,66	105.103,68

*Canyots representats per blat de moro, gira-sol i sorgo.

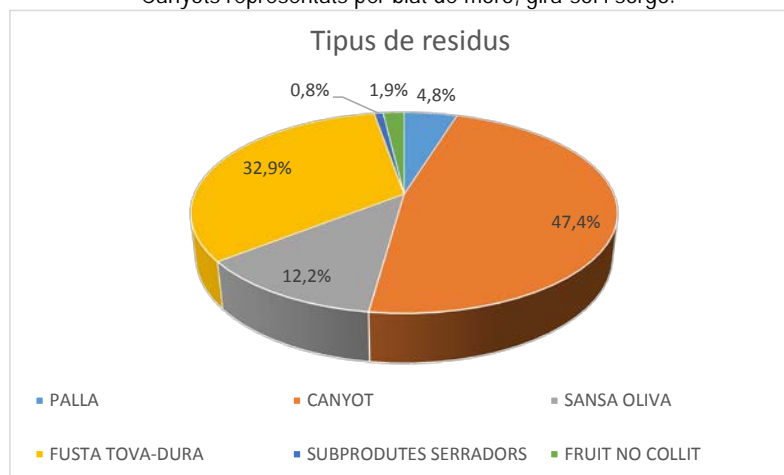


Figura 3. Distribució percentual de les diferents categories de residus agroindustrials de l'àrea d'estudi.

4.1.2. Fonts de biomassa lignocel·lulòsica del sector agrícola de la zona del Baix Segrià.

La quantitat de biomassa per hectàrea que es pot obtenir d'un cultiu és molt variable ja que depèn del tipus de conreu, del sistema de reg, de l'edat de la plantació i, del vigor de la plantació, entre d'altres. Per aquest motiu, en aquest estudi, també s'ha caracteritzat la biomassa residual generada pel sector agrícola dels diferents municipis del Segrià que queden per sota de la ciutat de Lleida (zona definida pels seus habitants com a Baix Segrià). Per cada municipi s'ha calculat la seva disponibilitat total de biomassa. En aquest apartat s'ha determinat el percentatge dels diferents cultius a la zona d'estudi segons les seves característiques agrícoles principals i la seva distribució per a cada municipi. Les dades s'han obtingut de la Declaració Única Agrària (DUN) del 2017 que consisteix en una declaració anual que de forma obligatòria ha de fer la persona titular de l'explotació agrària.

A la taula 3 es pot observar que en tota l'àrea d'estudi hi ha un total de 20.249,3 ha cultivades, de les quals 17.465,1 hectàrees (ha) pertanyen a cultius de regadiu i 2.784,2 ha, a cultius de secà.

Taula 3. Superfície (ha) de cultius de regadiu i secà respecte cada municipi. DUN, 2017.

Tipus Cultiu	Albatàrrec	Alcarràs	Montoliu de Lleida	Seròs	Soses	Sudanell	Torres de Segre	Total
Regadiu	599,5	8.656,2	351,3	2.277,3	1.770,1	557,1	3.253,6	17.465,1
Secà	57,8	31,6	91,7	2.395,3	11,6	5,7	190,5	2.784,2
Total	657,3	8.687,8	443,0	4.672,6	1.781,7	562,8	3.444,2	20.249,3

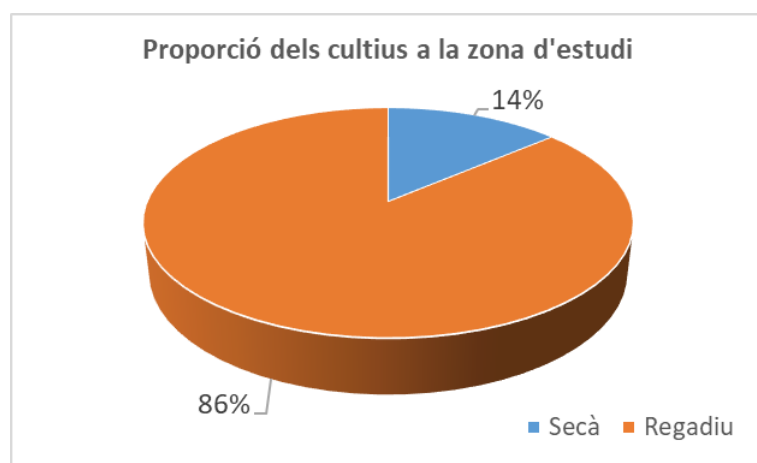


Figura 4. Representació gràfica en percentatge de la superfície ocupada pels cultius de regadiu i secà a tota l'àrea d'estudi.

Tal i com mostra la figura 4, els cultius de regadiu representen el 86 % del total de cultius declarats i esdevé el tipus de cultiu majoritari a tota la zona d'estudi, mentre que els cultius de secà són minoritaris amb un 14 %.

Analitzant cada municipi en detall, segons les dades de la taula 1, s'observa que el municipi amb més superfície de secà és Seròs, essent aquest tipus de cultiu el majoritari en aquest municipi (51 %). Pràcticament totes les hectàrees de secà de la zona d'estudi pertanyen al municipi de Seròs. També, es pot comprovar la dominància dels cultius de regadiu en la resta dels municipis, representant pràcticament el 100 % a Alcarràs, Soses i Sudanell. Aquesta dominància per part d'aquest tipus de cultiu dóna a entendre l'elevat percentatge d'aigua que presentaran les restes vegetals de la zona estudiada.

En relació a l'anàlisi de la biomassa residual, procedent de les restes de poda, canvi de cultiu i la palla, es produeixen de forma aproximada 81.728,3 t/any, de les quals 7.396,03 tones són de palla procedent dels cultius herbacis i aprofitades en gran mesura per alimentar al bestiar (Taula 4). El volum total de biomassa residual es aportat, bàsicament, pels cultius de canyot, 51 %, i cultius llenyosos, 40 % respecte el total. Els cultius herbacis aporten el 9 %.

Taula 4. Resum global dels consums i produccions de la zona d'estudi.

Municipi	Tipus cultiu	Superfície (ha)	Producció (t)	Biomassa resid. (t)
Albatàrrec	Herbaci	91,6	681,2	144,7
	Canyot	23,8	339,2	511,6
	Llenyós	491,8	18.311,8	1.807,7
Albatàrrec		607,2	19.332,2	2.464,0
Alcarràs	Herbaci	3.811,0	38.873,2	4.936,7
	Canyot	1.420,2	21.048,2	31.762,2
	Llenyós	3.212,7	108.817,0	9.333,4
Alcarràs		8.444,0	168.738,4	46.032,3
Montoliu de Ll.	Herbaci	138,5	759,8	287,7
	Canyot	0,1	2,0	2,9
	Llenyós	261,9	9.440,0	895,7
Montoliu de Ll.		400,5	10.201,8	1.186,3
Seròs	Herbaci	559,2	1.797,7	1.110,5
	Canyot	4,9	73,4	110,6
	Llenyós	3.639,4	68.361,7	8.470,3
Seròs		4.203,5	70.232,8	9.691,5
Soses	Herbaci	190,0	2.216,4	191,3
	Canyot	110,2	1.653,3	2.493,2
	Llenyós	1.401,9	46.971,5	4.046,1
Soses		1.702,2	50.841,3	6.730,7
Sudanell	Herbaci	31,8	305,7	47,1
	Canyot	46,2	693,3	1.045,5
	Llenyós	450,2	15.912,5	1.421,8
Sudanell		528,2	16.911,5	2.514,4
Torres de Segre	Herbaci	625,3	6.947,9	1.036,1
	Canyot	229,3	3.439,5	5.186,8
	Llenyós	2.296,9	79.980,7	6.886,2
Torres de Segre		3.151,5	90.368,1	13.109,1
Total general		19.037,2	426.626,0	81.728,3

4.1.3. Fonts de biomassa lignocel·lulòsica del sector de la ramaderia de la zona del Baix Segrià.

Aquesta secció de l'informe fa referència a l'anàlisi dels principals consums i residus i/o subproductes que es generen anualment a l'àrea d'estudi del Baix Segrià a partir de l'activitat ramadera. En primer lloc, es descriuen dades sobre el nombre i tipus d'explotacions de cada un dels municipis de la zona analitzada (taula 5 i figura 5).

Taula 5. Resum del nombre d'explotacions que hi ha a l'àrea d'estudi segons tipus de granja i municipi.

Tipus de granja	Albatàrrec	Alcarràs	Montoliu de Lleida	Seròs	Soses	Sudanell	Torres de Segre	Total
Boví	0	235	1	2	12	4	34	288
Porcí	4	100	1	24	23	2	28	182
Gallines i pollastres	1	15	1	2	5	0	4	28
Total	5	350	3	28	40	6	66	498

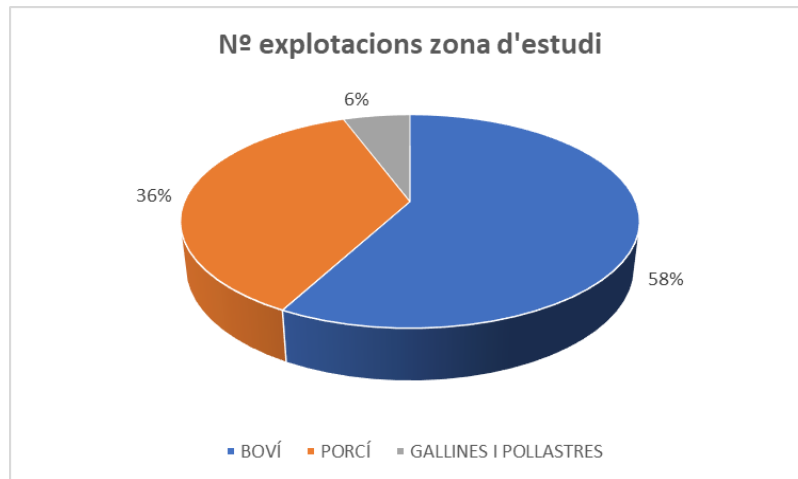


Figura 5. Distribució percentual dels diferents sectors de ramaderia analitzats a l'estudi per tota l'àrea d'estudi.

Tal com es pot veure a la taula 5 i figura 5 en total a la zona d'estudi hi ha 498 explotacions ramaderes de les quals 288 (58%) són del sector boví, 182 (36%) explotacions són del sector porcí i 28 (6%) de gallines i pollastres. A la taula 5 també es pot veure la gran variabilitat en el número d'explotacions que hi ha depenent del municipi, essent Alcarràs, de forma destacada, el municipi amb més explotacions (un total de 350) i Torres de Segre el segon amb 66. En canvi, Montoliu de Lleida, amb 3 explotacions ramaderes, és el municipi que en té menys.

Analitzant la taula 5 es pot veure la distribució per municipi del tipus d'explotacions ramaderes. Aquesta distribució varia molt segons el municipi, si ve els únics animals que es troben a tots els municipi són els porcs. A Albatàrrec, per exemple, no hi ha cap explotació de boví o a Sudanell no n'hi ha cap de gallines i pollastres. Segons el número d'explotacions, el sector boví és majoritari a Alcarràs, Sudanell i Torres de Segre, amb un percentatge del 67% sobre el total del número d'explotacions en el cas d'Alcarràs i Sudanell i del 52% a Torres de Segre. El sector del porcí és majoritari a Albatàrrec, Seròs i Soses, amb un percentatge del 80% a Albatàrrec, del 86% a Seròs i del 57% a Soses. I, finalment, Montoliu de Lleida té el mateix nombre de granges de porcs, vedells i pollastres, una granja de cada tipus, que significa un percentatge del 33% per cada tipus d'explotació.

En segon lloc, s'ha analitzat la distribució del cens d'animals segons cada sector ramader i municipi pel total de l'àrea d'estudi (taula 6 i figura 6).

Taula 6. Resum del cens per tota l'àrea d'estudi segons el municipi i sector ramader.

Tipus de granja	Albatàrrec	Alcarràs	Montoliu de Lleida	Seròs	Soses	Sudanell	Torres de Segre	Total
Boví	0	31.525	48	496	3.740	773	4.519	41.101
Porcí	7.505	217.692	1.140	57.345	62.986	1.570	45.188	393.426
Gallines i pollastres	60.000	715.021	38.400	28.000	245.192	0	80.640	1.167.253
Total	67.505	964.238	395.88	85.841	311.918	2.343	130.347	1.601.780

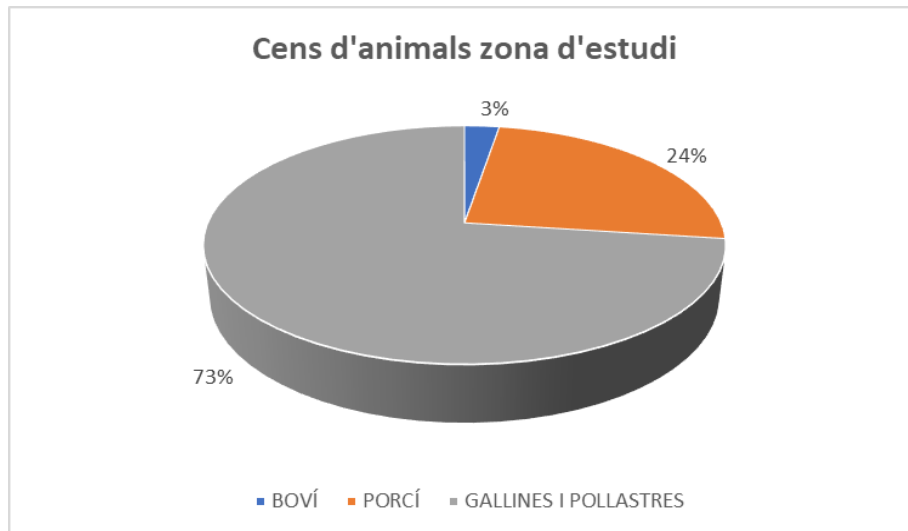


Figura 6. Distribució del cens per tota l'àrea d'estudi segons el sector ramader.

Segons es pot veure a la taula 6 i figura 6, el cens d'animals per la zona d'estudi és totalment invers al número d'explotacions. Així, les granges de gallines i pollastres són el tipus d'explotacions amb un cens més elevat, probablement perquè per a aquest tipus d'animals no es necessita una superfície per animal gaire gran. En total hi ha 1.167.253 animals a tota la zona d'estudi, el que representa un 73% dels animals totals. En canvi, el sector del boví és el que té un cens més baix amb 41.101 animals, un 3% del total.

Tal i com es pot veure a la taula 6, a tots els municipis la tipologia d'explotacions ramaderes amb el cens més alt són les explotacions de gallines i pollastres, tret de Seròs on representa el 33% del cens i Sudanell on no n'hi ha cap explotació. Per la resta de municipis, la contribució en percentatge de les granges de gallines i pollastres varia molt, a Albatàrrec és d'un 89%, a Alcarràs un 74%, a Montoliu de Lleida un 97%, a Soses un 79% i a Torres de Segre un 62%. En canvi, el sector boví és el que té un cens més petit a tots els municipis, encara que en número d'explotacions sigui el sector més gran.

4.1.3.1. Consum de pinso y farratge

Un altre aspecte important a considerar és la quantitat de menjar que es consumeix per part dels animals (taula 7 i figures 7 i 8).

Taula 7. Resum dels principals resultats obtinguts per la ramaderia considerant el consum d'aliments i la generació de dejeccions per tota la zona d'estudi.

Municipi	Sector ramader	Consum d'aliments (kg)	Volum de dejeccions (m ³)	Pes de dejeccions (t)	Matèria seca (t)
Albatàrrec	Boví	0	0	0	0
	Porcí	3.184.466,25	6.553,05	5.242,44	458,71
	Gall./Poll.	1.029.600,00	1.199,88	599,94	359,96
Total Albatàrrec		4.214.066,25	7.752,93	5.842,38	818,68
Alcarràs	Boví	128.177.432,30	79.267,72	63.414,17	13.316,98
	Porcí	147.118.246,38	54.355,46*	46.202,14*	22.081,59
	Gall./Poll.	13.623.344,67	15.139,42	7.614,08	4.568,45
Total Alcarràs		288.919.023,35	148.742,60	117.230,39	39.967,01
Montoliu de Lleida	Boví	185.176,32	107,52	86,02	18,06
	Porcí	772.065,00	1.425,00	1.140,00	99,75
	Gall./Poll.	658.944,00	767,92	383,96	230,38
Total Montoliu de Lleida		1.616.185,32	2.300,44	1.609,98	348,19
Seròs	Boví	2.069.628,00	1.317,00	1.053,60	221,26
	Porcí	34.550.238,96	87.385,91	69.908,73	452,41
	Gall./Poll.	480.480,00	559,94	279,97	167,26
Total Seròs		37.100.346,96	89.262,85	71.242,30	5.861,98
Soses	Boví	15.175.601,12	9.363,32	7.490,66	1.573,04
	Porcí	44.784.326,46	116.004,25	92.803,40	6.885,85
	Gall./Poll.	17.484.801,74	9.970,46	7.818,33	4.691,00
Total Soses		77.444.729,32	135.338,03	108.112,39	13.149,89
Sudanell	Boví	3.070.262,80	1.847,80	1.478,24	310,43
	Porcí	1.063.282,50	1.962,50	1.570,00	137,38
	Gall./Poll.	0	0	0	0
Total Sudanell		4.133.545,30	3.810,30	3.048,24	447,81
Torres de Segre	Boví	22.117.279,15	14.446,60	11.557,28	2.427,03
	Porcí	29.709.347,55	64.892,60	51.914,08	4.332,81
	Gall./Poll.	9.622,80	2.293,27	1.146,64	687,98
Total Torres de Segre		51.836.249,50	81.632,47	64.618,00	1.632,71
Total segons sector ramader	Boví	170.795.379,69	106.349,95	85.079,97	17.866,80
	Porcí	261.181.973,10	624.416,50	499.533,21	34.448,50
	Gall./Poll.	33.286.793,21	29.930,90	17.842,92	10.705,03
Total zona d'estudi		465.264.146,00	468.839,62	371.703,68	63.020,33

* Pel cas concret d'Alcarràs es pot observar que la generació de dejeccions per part del sector porcí és molt petit en comparació als altres municipis perquè a les explotacions de porcí d'Alcarràs disposen actualment d'un compactador que permet disminuir el volum de purí, obtenint una fase sòlida per una banda, amb un 20% de volum respecte al volum inicial i amb un 20% de MS i la part líquida, que és el 80% de volum restant, més endavant a la secció específica sobre el sector porcí hi ha una anàlisi més profund dels resultats mostrats aquí.

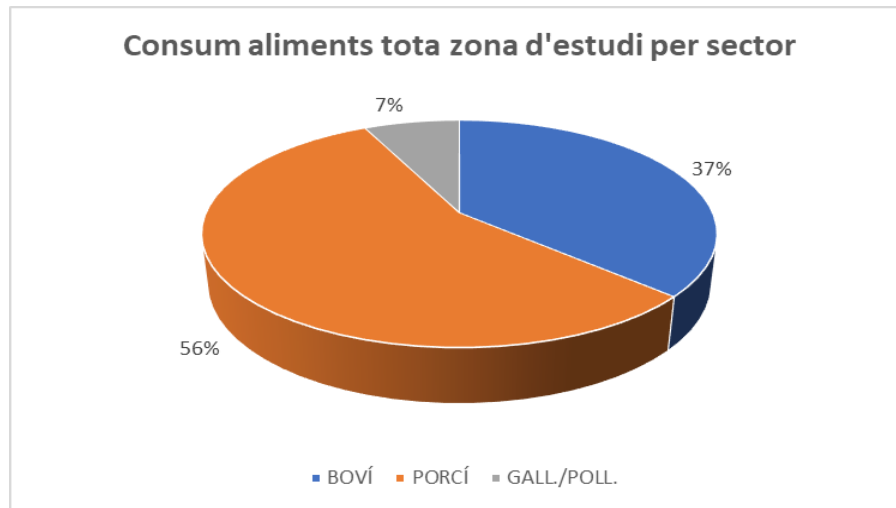


Figura 7. Distribució del consum d'aliments per cada un dels sectors ramaders estudiats.

Tal com es pot veure a la taula 7 i figura 7, a la zona d'estudi es consumeix, entre pinso i farratges, un total de 465.264.146 kg/any., D'aquest total, el sector del porcí en consumeix un 56%, el sector del boví un 37% i, finalment, les gallines i pollastres consumeixen un 7% del total.

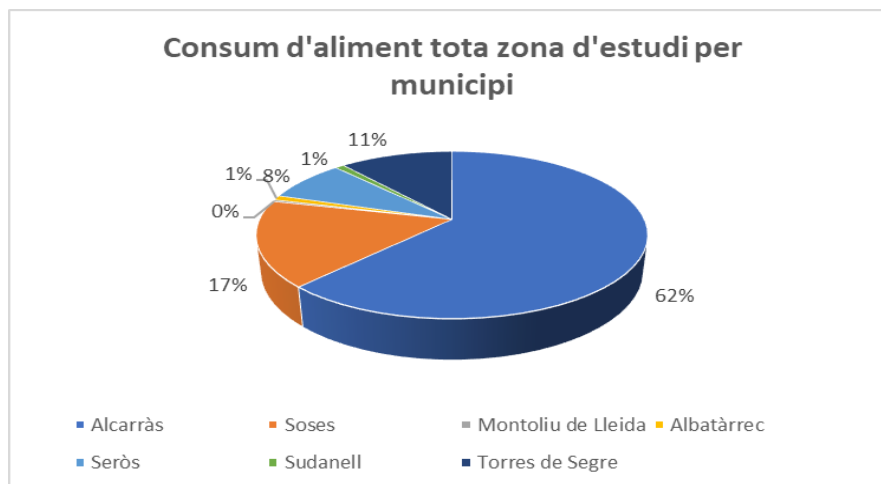


Figura 8. Distribució del consum d'aliments segons el municipi de l'àrea d'estudi.

Analitzant el consum d'aliments segons cada municipi (figura 8), es pot veure que Alcarràs és el municipi on es consumeix una quantitat més alta de pinso i farratge, un 62% del total. A Soses se'n consumeix un 17%, a Torres de Segre un 11%, a Seròs un 8%, mentre que a Sudanell i Albatàrrec se'n consumeix un 1% i a Montoliu de Lleida menys d'1%.

4.1.3.2. Volum de dejeccions

Finalment, l'últim aspecte que s'analitza relacionat amb el sector de la ramaderia, és el volum de dejeccions que es produeixen. Aquest volum està calculat en m³ de dejeccions per cada un dels sectors, ja que es considera important saber l'espai que ocupen sobretot per temes relacionats amb el transport, però de forma orientativa també s'ha calculat el pes d'aquestes dejeccions (taula 7 i figures 9 i 10).

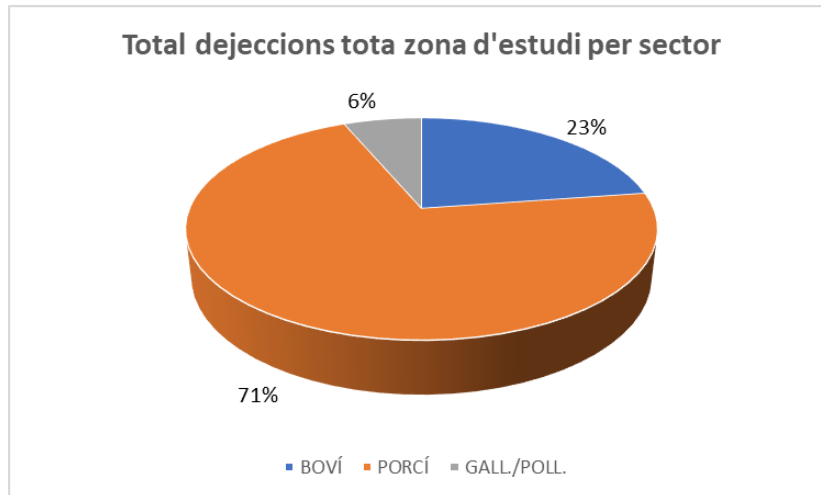


Figura 9. Distribució de la producció de dejeccions ramaderes, en volum, segons cada sector de la ramaderia.

Com es pot veure a la taula 7 i figura 9 a tota la zona d'estudi es produeixen 468.839,62 m³ de dejeccions anualment, de tot aquest volum un 71% està produït pel sector porcí, un 23% és produït pel sector del boví i finalment un 6% és produït per les granges de gallines i pollastres. Pel que fa al pes com es pot veure a la taula 7, en total es generen 371.703,68 t/any de dejeccions, amb distribució per pesos pràcticament igual que en volum (83% porcí, 14% boví i 3% gallines i pollastres).

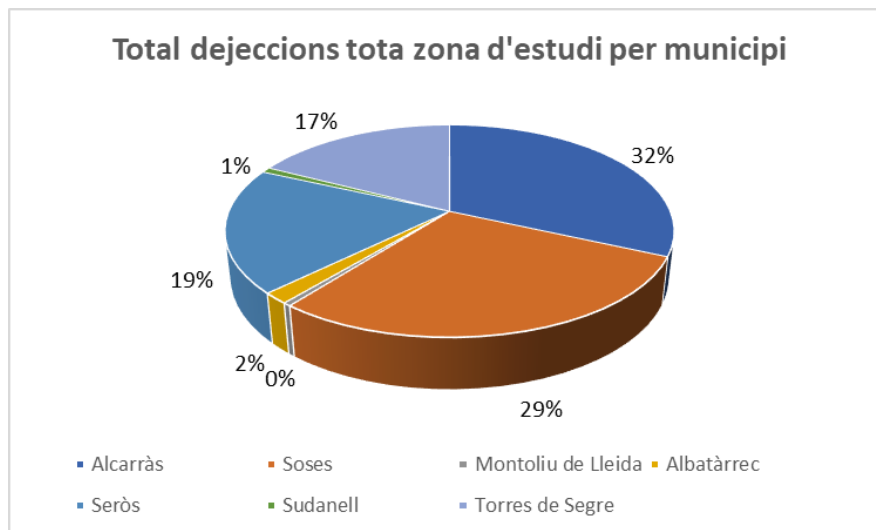


Figura 10. Distribució de la producció de dejeccions, en volum, per cada un dels municipis considerats.

Analitzant el volum de dejeccions que es produeixen a cada municipi, tal com es pot veure a la figura 10, a Alcarràs es produeix un 32% del total de volum de dejeccions, un 29% es produeix a Soses, un 19% a Seròs i un 17% a Torres de Segre, mentre que a Albatàrrec, Montoliu de Lleida i Sudanell, se'n produeixen un 2% o menys. Tal i com s'ha comentat anteriorment a la descripció de la taula 5 a les granges de porcs d'Alcarràs tenen instal·lat un compactador de purins que permet reduir molt el volum de purí a gestionar, però també cal tenir present que queda un volum

molt important de volum de líquid que també cal tractar. Si no hi hagués aquesta compactador la contribució del sector porcí al total de les dejeccions augmentaria fins al 84%.

Pel que fa a les dejeccions també cal tindre en compte que no tot és matèria aprofitable i que tenen una gran proporció d'aigua, que també cal tindre en compte a l'hora de la seva gestió i saber quina quantitat de matèria es disposa en realitat. De forma general, es considera que els purins de porc tenen un percentatge de matèria seca del 4% en purins abans de passar pel compactador i del 20% després. En general la quantitat de matèria seca als fems i purins es força variable i dependrà tant del tipus de bestiar, com del tipus d'explotació i l'alimentació que es dona a aquests animals. Utilitzant els factors facilitats al document: "Els fertilitzants orgànics d'origen ramader" de N. Ubach i M. R. Teira i publicat a la pàgina web www.ruralcat.net [9], s'ha calculat que a l'àrea del Baix Segrià hi ha disponible una quantitat de 63.020,33 t/any de matèria seca provinents de les dejeccions ramaderes produïdes en aquesta zona.

4.2. Principals components de la biomassa lignocel·lulòsica.

La biomassa lignocel·lulòsica és una barreja heterogènia de substàncies orgàniques i una petita quantitat de substàncies inorgàniques. Està constituïda principalment (Figura 11) per diferents polímers d'alt pes molecular que contenen oxigen de la següent manera: (i) cel·lulosa - un polímer d'unitats de glucosa C6 unides per enllaços glicosídics β (1-4) i representa entre el 30-50% en pes del total -, (ii) hemicel·lulosa - un heteropolímer compost principalment d'unitats de xilosa C5 i, en menor mesura, de manosa, galactosa, ramnosa i arabinosa i que representa entre 20-40% del pes total- i (iii) lignina - un polímer amorf que conté tres monòmers fenilpropanoics (monolignol) units per enllaços carboni-carboni i èter i que representa entre el 10-20% en pes - [7].

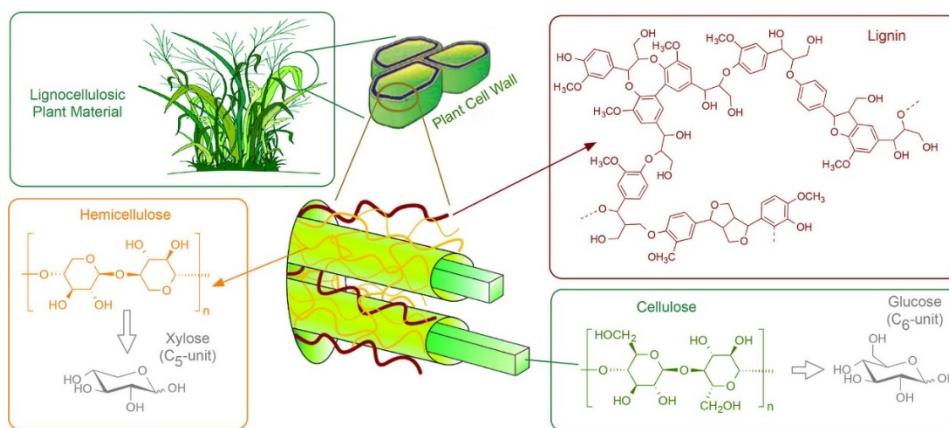


Figura 11. Esquema de la composició de la biomassa lignocel·lulòsica [7].

La cel·lulosa i l'hemicel·lulosa proporcionen resistència estructural i mecànica a la planta, mentre que la lignina, que no és carbohidratada, manté l'estabilitat d'aquestes estructures. D'altra banda, la quantitat de cada component en la biomassa varia d'acord amb el tipus de biomassa, espècie vegetal, el tipus de teixit, l'etapa de creixement i les condicions de creixement de la planta. A la taula 8 es mostra informació bibliogràfica sobre la composició en pes sec de diverses matèries

primeres lignocel·lulòsiques d'interès industrial i alguns subproductes de la indústria agroalimentària. La biomassa té un alt contingut d'oxigen en comparació amb els combustibles fòssils. Així, típicament, del pes sec de biomassa, un 30-40% és oxigen, un 30-60% és carboni i 5-6% és hidrogen dependent del contingut de cendra. El nitrogen, el sofre i el clor representen menys del 1% de la biomassa i es poden trobar en l'estructura d'alguns tipus de biomassa [10].

Taula 8. Composició de diversos materials lignocel·lulòsics d'interès industrial i alguns subproductes de la indústria agroalimentària (percentatge en pes sec) [7,10,11].

Biomassa lignocel·lulòsica	Cel·lulosa (%)	Hemicel·lulosa (%)	Lignina (%)
Cultius energètics (mitjana)	30-50	20-40	10-20
Llavors de colza	27,3	20,5	14,2
Palla de colza	36-45	19	18
Herba (pastura)	45	31,4	12
Residus agrícoles (mitjana)	35-55	25-35	15-30
Segó de blat	10,5-14,8	35,5-39,2	8,3-12,5
Palla de blat	39,2	25,6	22,9
Palla de civada	31-35	20-26	10,1-15
Closca d'ordi	34	36	19
Palla d'ordi	36-43	24-40	6,3-9,8
Canya de blat de moro	28-51	28-31	11-14
Panotxa de blat de moro	41-52	32-36	6-15
Palla de sorgo	32-35	24-27	15-21
Closca de gira-sol	48,4	34,6	17
Cotó	85-95	5,1-15	0
Tija de cotó	31	11	30
Polpa de cafè	33,7-36,9	44,2-47,5	15,6-19,1
Residus forestals (mitjana)	40-50	25-35	20-30
Tronc de fusta dura	40-55	24-40	18-25
Tronc de fusta tova	45-50	25-35	25-35
Pi	42-49	13-25	23-29
Eucaliptus	45-51	11,1-18	29
Bambú	49-50	18-20	23
Serradures d'alber	57,6	14,1	18
Closques (avellana, nou)	25,6-26,8	22,1-30,4	42,9-52,3
Closca d'ametlla	50	29	20
Bagàs de canya de sucre	34-36	29-43	19-21
Pellofa d'arròs	30,9-33,9	16,5-16,8	21,4-35,9
Palla d'arròs	29,2-34,7	23-25,9	17-19
Sègol d'hivern	29-30	22-26	16,1
Pell de taronja	12	14,5	2,2
Closca de plàtan	11,5	25,5	9,8
Biomassa d'olivera	25	19	22
Fulles plantes	15-20	80-85	0
Paper	85-99	0	0-15
Deixalles polpa indústria del paper	60-70	10,2-20	5,1-10
Jacint d'aigua	18,2-22,1	48,7-50,1	3,5-5,4
Gra de tamarinde (pols)	10,1-15	55-65	ND
Atzavara	31-55	7,1-12	8,1-17
Algues verdes	20-40	20-50	ND
Fibra closca de coco	36-43	0,15-0,25	41-45
Fem sòlid de boví	19,5	15,2	17,4
Fems de porc	11,3	37	4,3
Gallinassa	20	23,2	1,6
Barreja de deixalles de cuina	15,2	9,2	4,8
Barreja residus fruites i verdures	12	5,9	7,9

4.2.1. Cel·lulosa.

La cel·lulosa és el biopolímer més abundant a la terra. Aquest compost és un polisacàrid que consisteix en cadenes lineals de 10.000 o més monòmers de D-glucosa units per mitjà d'enllaços glicosídics β -(1-4). Entre aquestes cadenes lineals hi ha moltes interaccions paral·leles i antiparal·leles mitjançant ponts d'hidrogen. Les cadenes lineals estan agrupades i empaquetades en forma de microfibril·les i la naturalesa exacta d'aquestes microfibrilles varia entre els diferents tipus de biomassa [12]. La combinació de la xarxa d'enllaços d'hidrogen i les microfibril·les dona a la cel·lulosa seva forma rígida i la seva resistència a la dissolució. L'estructura cristal·lina de la cel·lulosa es pot dividir en set tipus diferents, cel·lulosa I (I_{α} i I_{β}), cel·lulosa II, cel·lulosa III (III1 i III11) i cel·lulosa IV (IV1 i IV11) [13]. Les principals diferències entre les diferents formes cristal·lines depenen del tipus de teixit vegetal [4]. La cel·lulosa té diferents aplicacions, encara que probablement, l'ús més antic i més comú és en la indústria del paper. A més de l'ús de la cel·lulosa en si mateixa com fibra, actualment la seva hidròlisi també és de gran interès. Múltiples treballs s'han publicat relacionats amb la hidròlisi de la cel·lulosa per obtenir glucosa, i usar aquest carbohidrat com a material de partida per a la producció de diferents compost d'interès industrial com ara etanol i 5-hidroximetilfurfural entre d'altres.

4.2.2. Hemicel·lulosa.

L'hemicel·lulosa és una estructura complexa de carbohidrats que consisteix en polímers de diferents sucres com xilosa i arabinosa (pentoses), manosa, glucosa i galactosa (hexoses) i àcids sacàrids. El component dominant de la hemicel·lulosa de la fusta i plantes agrícoles és el xilà [14], per tant, són compostos difícils de classificar atenent a la seva composició. L'hemicel·lulosa té un pes molecular més baix que la cel·lulosa, i amb cadenes laterals curtes que consten de diferents polímers de carbohidrats, fàcils d'hidrolitzar. En aquest sentit, el seu grau de polimerització és entre 100 i 200 sucres per molècula d'hemicel·lulosa. L'hemicel·lulosa serveix com una connexió entre la lignina i les fibres de cel·lulosa i li dona al conjunt de cel·lulosa-hemicel·lulosa-lignina rigidesa. L'hemicel·lulosa és més inestable que la cel·lulosa i, per tant, es degrada més fàcilment quan se sotmet a un tractament tèrmic. De manera similar a la cel·lulosa, l'hemicel·lulosa es pot hidrolitzar i convertir-se en etanol, xilitol, 1,2-butanodiol i àcid làctic [15], el que fa que sigui de gran interès aprofundir en investigar en les seves potencials aplicacions.

4.2.3. Lignina.

Després de la cel·lulosa i l'hemicel·lulosa, la lignina és el polímer més abundant en la naturalesa i està present en la paret cel·lular. La lignina és un compost aromàtic en el qual les unitats de fenilpropà, amb grups hidroxil i metoxil, s'uneixen principalment a través d'enllaços èter. Aquest polímer es troba principalment en la làmina mitjana de la paret cel·lular i, juntament amb la hemicel·lulosa, formen un matriu al voltant de les microfibril·les de cel·lulosa. L'objectiu principal de la lignina és donar a la planta el suport estructural, impermeabilitat, i la resistència contra l'atac microbià i l'estrès oxidatiu. És insoluble en aigua i es considera òpticament inactiva, tot això

fa que la degradació de la lignina sigui molt difícil. Els compostos fenòlics amb grups etil i metil són els compostos primaris produïts per la degradació de la lignina [16].

4.3. Pretractament i fraccionament de la biomassa lignocel·lulòsica.

A causa de l'estructura complexa dels materials lignocel·lulòsics, la seva conversió eficient en productes químics intermedis, ja sigui química o enzimàtica, requereix diversos passos de pretractament. Si el procés de conversió de la biomassa lignocel·lulòsica és mitjançant l'ús d'enzims, s'ha de realitzar un pretractament que faciliti l'accessibilitat de l'enzim al substrat. Així mateix, per obtenir monòmers o fins i tot productes químics intermedis C5 i C6 per la via química, les corresponents fraccions de lignocel·lulosa han de separar-se mitjançant un tractament previ adequat [8]. En la majoria dels casos, es necessiten almenys dos passos de pretractament. Una tecnologia efectiva per al processament de la biomassa lignocel·lulòsica ha de complir amb els següents requisits: (i) trencar l'estructura complexa de lignocel·lulosa, (ii) reduir la cristallinitat de la cel·lulosa, (iii) preservar les pentoses de les hemicel·luloses, (iv) limitar la formació de productes de degradació que inhibeixen els següents passos de conversió, com la hidròlisi i / o la fermentació, (v) minimitzar les entrades d'energia i l'ús de productes químics externs, (vi) ser simple d'implementar, (vii) generar un alt valor de co-producte de lignina, (viii) minimitzar la producció de residus tòxics i perillosos, si n'hi ha, i (ix) generar la quantitat mínima d'aigües residuals [17]. En conseqüència, actualment hi ha diferents mètodes de pretractament que s'han desenvolupat a més de diverses tecnologies convencionals. Els mètodes convencionals es poden classificar principalment en pretractaments físics com: mecànics i tèrmics; i químics, emprant àcids o bases i la combinació entre aquests (Figura 12). Un dels objectius d'aquests pretractaments és augmentar la digestibilitat enzimàtica de la biomassa, en cas de dur-se a terme un procés biològic posterior.

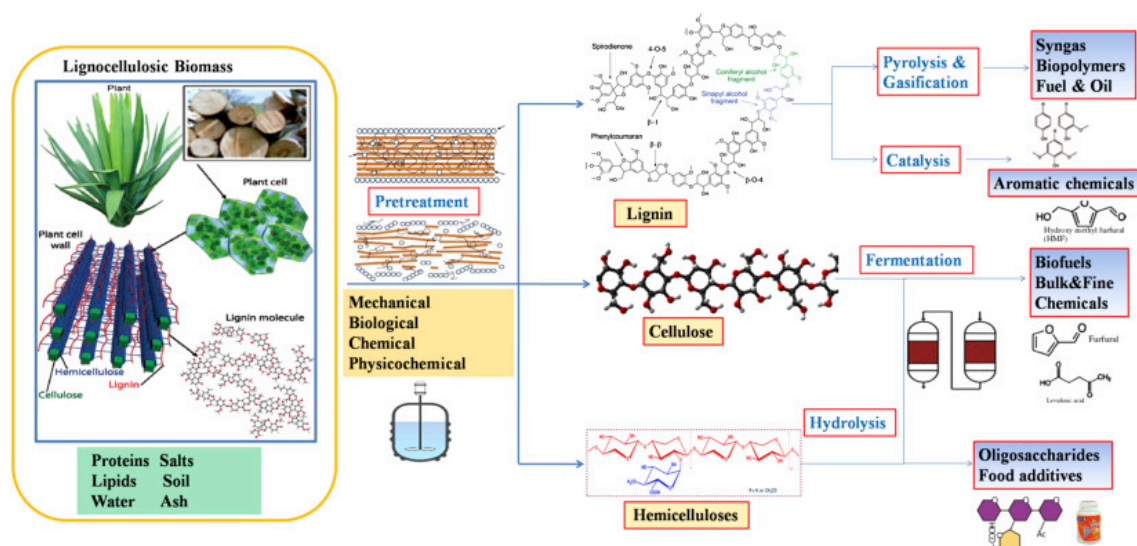


Figura 12. Esquema dels pretractaments, processos de transformació i aplicacions dels principals components de la biomassa lignocel·lulòsica [18].

4.3.1. Pretractaments fisicoquímics.

Els tractaments mecànics tenen com a objectiu la reducció en la grandària de partícules així com de la cristal·linitat. La reducció de mida de les partícules condueix a un augment de la superfície disponible i una reducció del grau de polimerització. Amb els tractaments tèrmics, si la temperatura augmenta per sobre de 150-180°C, en primera instància la hemicel·lulosa i, poc després la lignina, comencen a solubilitzar. Aquesta temperatura de 180°C és probablement només una indicació, ja que la reactivitat tèrmica de la biomassa lignocel·lulòsica depèn en gran mesura de la seva composició. Durant els processos tèrmics una part de la hemicel·lulosa s'hidrolitza i forma àcids, els quals es suposa que segueixen catalitzant la hidròlisi de l'hemicel·lulosa [19]. El pretractament de la biomassa lignocel·lulòsica amb àcids a temperatura ambient té com a objectiu solubilitzar l'hemicel·lulosa, i aconseguir amb això millor accés a la cel·lulosa. La principal reacció que es produeix durant el pretractament àcid és la hidròlisi de l'hemicel·lulosa, especialment de xilà que és relativament estable en medi àcid. L'hemicel·lulosa solubilitzada en medi àcid pot ser objecte de reaccions hidrolítiques i produir furfural, hidroximetilfurfural (HMF) i altres productes [20]. Durant el pretractament alcalí, les primeres reaccions que tenen lloc són la solvatació i saponificació. Això provoca que la biomassa s'expandeixi, la qual cosa la fa més accessible als enzims i bacteris. En altes concentracions alcalines, ocorre una hidròlisi alcalina, la qual cosa porta a la degradació i descomposició de polisacàrids [21]. En conseqüència s'observa que la biodegradabilitat de la biomassa lignocel·lulòsica està limitada per diversos factors com la cristal·linitat de la cel·lulosa, l'àrea superficial i el contingut de lignina. Els pretractaments poden tenir efecte en un o més d'aquests aspectes i alguns poden considerar-se més favorables que altres.

4.3.2. Actuals tecnologies per al fraccionament de biomassa lignocel·lulòsica.

Hi ha moltes alternatives per al fraccionament o hidròlisi de la biomassa lignocel·lulòsica. La taula 9 mostra els principals enfocaments actuals, la majoria d'ells desenvolupats en la indústria del paper i la polpa per a la deslignificació de la biomassa lignocel·lulòsica (*Kraft pulping*, *Sulphite pulping* i *organosolv pulping*) i per a la producció de fibres cel·lulòsiques (*Viscosa* (Xantat de cel·lulosa) i procés *Lyocell* (procés NMMO)).

Recentment, l'ús de processos termocatalítics i solvents iònics (dissolvents eutèctics (DES) i líquids iònics (ILs)) ha agafat molt d'interès en les comunitats científica i industrial. Mentre que alguns processos termocatalítics han demostrat la seva capacitat de produir olis de lignina en un sol pas a partir de lignocel·lulosa [22], DES i ILs han demostrat la seva viabilitat per permetre la recuperació de cel·lulosa i lignina usant temperatures i pressions moderades. DES i ILs són dissolvents "sintonitzables" basats en un catió orgànic (generalment un catió d'imidazoli, piridini o de colini) i un anió (generalment un ió orgànic en els IL i un halur en els DES preparats a partir d'una sal iònica) [4]. Els ILs basats en colina i àcids carboxílics [23], i colina i aminoàcids [24] han mostrat propietats molt interessants en el fraccionament de materials lignocel·lulòsics. DES i ILs també s'han utilitzat per recuperar lípids i proteïnes de diversos materials. A més, la presència de mitjans altament polars permet l'ús d'escalfament per microones per millorar els processos d'extracció.

Taula 9. Principals enfocaments per a l'extracció de polisacàrids de diverses fonts lignocel·lulòsiques.

Producte	Procés d'extracció/conversió	T/P	Ref.
Cel·lulosa	<i>Kraft pulping</i>	150-180°C	[4]
Cel·lulosa	Procés <i>Sulphite pulping</i>	120 to 180°C	[25]
Hemicel·lulosa	Procés <i>Sulphite pulping</i>	120 to 180°C	[26]
Cel·lulosa	Procés <i>Organosolv pulping</i>	120 to 220°C	[4,10]
Cel·lulosa	Àcid diluït + base diluïda	120 to 210°C/210°C	[10]
Cel·lulosa	Aigua calenta	180 to 230°C/1-3 MPa	[10,27]
Cel·lulosa	AFEX	90°C/5 MPa	[10,28]
Hemicel·lulosa	AFEX	90°C/5 MPa	[29,30]
Celulosa	Explosió de vapor	160-260°C /0.69-4.83 MPa	[31]
Cel·lulosa	Líquid iònic (ILs)	25 to 110 °C (microones)	[4,32]
Cel·lulosa	Solvents eutèctics (DES)	80 a 120°C (microones)	[4,33]
Biocombustibles	Procés termocatalític	250-600°C	[33,35]

4.4. Transformació dels carbohidrats de la biomassa lignocel·lulòsica.

A partir dels principals carbohidrats que conformen els productes lignocel·lulòsics, com la glucosa, principal monosacàrid present a la cel·lulosa, i la xilosa, principal monosacàrid de la hemicel·lulosa, es pot obtenir una gran diversitat de compostos amb una àmplia gamma d'aplicacions en diferents sectors industrials. La transformació d'aquests monosacàrids en productes químics pot començar amb reaccions de deshidratació, oxidació o reducció. D'aquesta manera, la deshidratació catalitzada per àcid ha estat el procés més estudiat i millor establert per obtenir monòmers C5- i C6- utilitzats com a compostos intermedis (Figura 13). Així per exemple, la glucosa té diverses aplicacions tecnològiques, ja sigui en la producció de combustibles líquids per fermentació (bioetanol i biobutanol) o en la producció de diferents productes químics com el 5-hidroximetilfurfural (5-HMF).

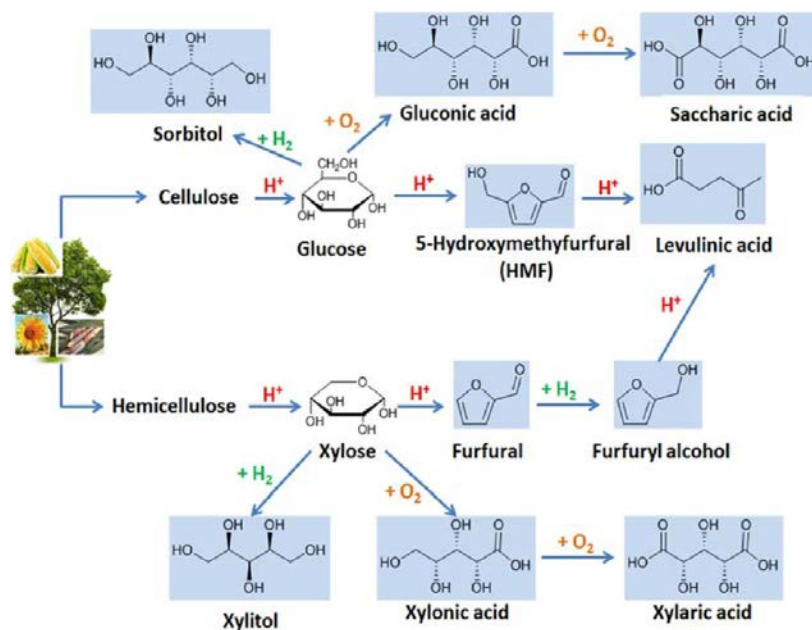


Figura 13. Hidròlisi de cel·lulosa i hemicel·lulosa i posterior conversió dels monosacàrids en molècules base (fons blau) per a l'obtenció d'una àmplia gamma de productes químics. [36].

La glucosa, mitjançant deshidratació en condicions àcides, es pot transformar en 5-HMF, un producte intermedi que, al seu torn, es pot transformar posteriorment a àcid levulínic (LA) i àcid fòrmic. Així mateix, la xilosa i altres pentoses naturals (com ara arabinosa i ribosa) es poden deshidratar per catalisi àcida a furfural (FAL). Alternativament, la reducció de glucosa i xilosa condueix, respectivament, a sorbitol i xilitol, mentre que l'oxidació produeix àcid glucònic (i àcid glucàric) i àcid xilònic (i àcid xilàric). Aquests productes primaris obtinguts a partir de la conversió química de monosacàrids no tenen aplicació directa a gran escala, però en el context de la biorefineria, poden ser productes intermedis per a l'obtenció de productes químics importants amb valor comercial i, per tant, es coneixen també com a molècules intermèdies. De fet, HMF, FAL, àcid levulínic, xilitol i sorbitol han estat considerades com les biomolècules intermèdies més importants obtingudes a partir de la conversió química de carbohidrats [36]. A la figura 14 es mostra de manera gràfica una àmplia gamma de productes que es poden obtenir mitjançant la transformació de dos dels principals compostos intermedis que es poden obtenir a partir de biomassa lignocel·lulòsica, el 5-HMF i el FAL. Un dels derivats del 5-HMF amb gran aplicació en diferents sectors industrials és el 2,5-dihidroxiacetilfurfural (DHMF). Aquest compost es prepara mitjançant la reducció del grup aldehid del 5-HMF i és àmpliament utilitzat com a intermediari per a la síntesi de resines, fibres, escumes, drogues, polímers i èters corona. Habitualment, el DHMF s'obté fàcilment per hidrogenació usant borohidru de sodi i hidrogen o emprant diversos catalitzadors [37]. Recentment, el DHMF també s'ha preparat utilitzant enfocaments biotecnològics.

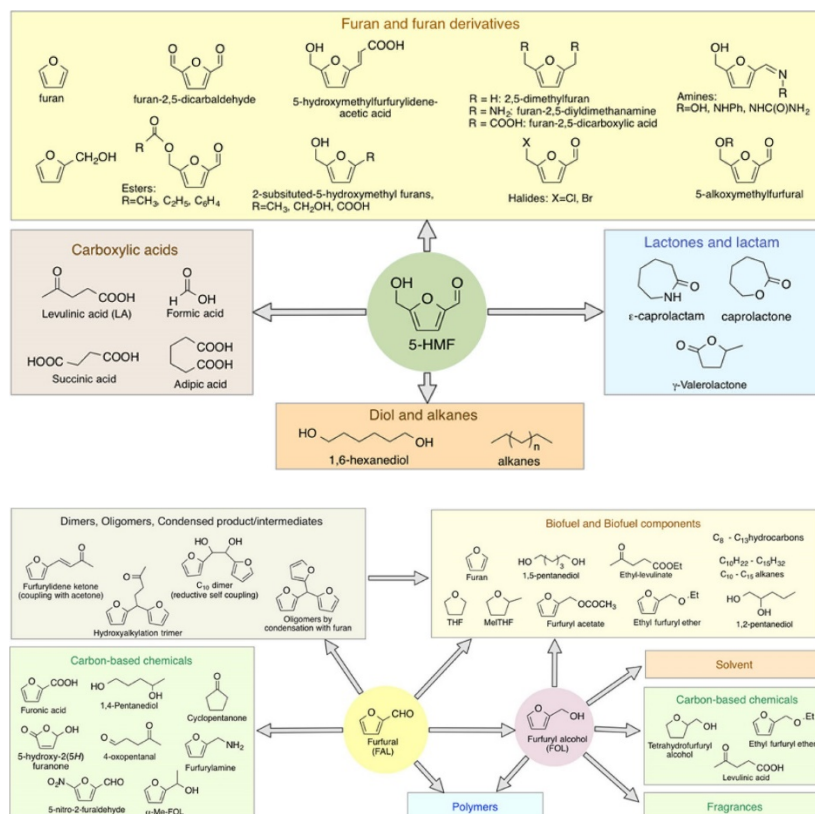


Figura 14. Productes derivats del 5-HMF i el FAL [7].

La potencialitat dels productes intermedis està relacionada amb la seva flexibilitat per transformar-se en una àmplia gamma de productes químics amb aplicacions rellevants en diferents processos. Així, per il·lustrar aquesta capacitat, a la figura 15 es mostren alguns exemples de molècules químiques que s'obtenen a partir de la conversió catalitzada de productes intermedis derivats de carbohidrats.

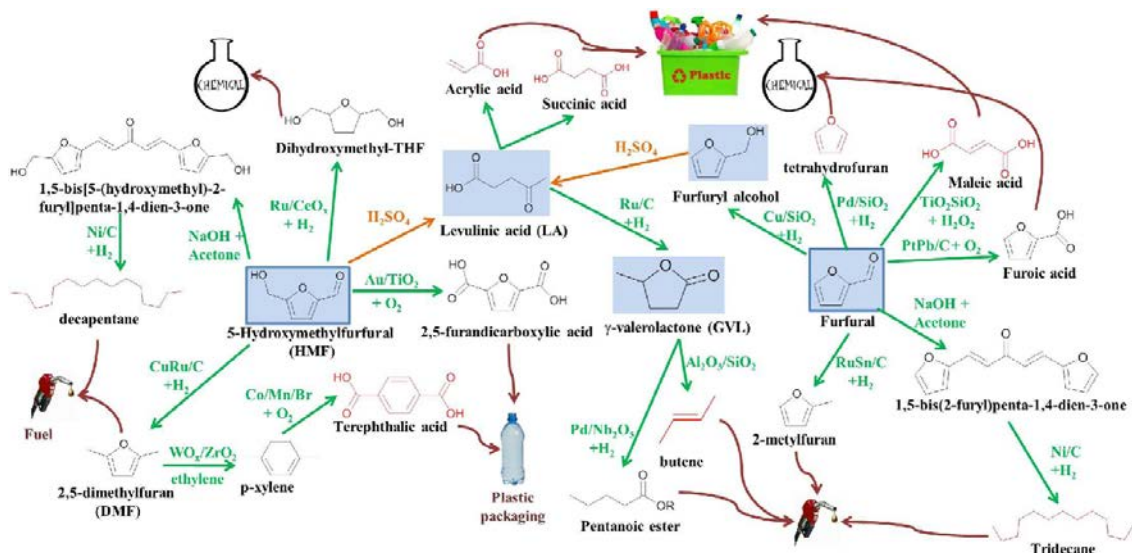


Figura 15. Alguns dels productes obtinguts a partir de plataforma productes intermedis (fons blau) i les seves possibles aplicacions. Molècules comercials obtingudes de matèries primeres no renovables (vermell). Les fletxes ataronjades mostren la ruta de reacció que integra les vies de reacció de cel·lulosa i hemicel·lulosa [36].

4.5. Transformació de la lignina de la biomassa lignocel·lulòsica.

La despolimerització de lignina és una tasca fascinant degut a la complexitat estructural i la dificultat de transformació d'aquest biopolímer aromàtic, que presenta una estructura aleatòria amb presència d'enllaços C-C i C-O força estables. Existeixen diversos tipus d'enllaços en la lignina, i el seu tipus i relació depèn de l'origen de la planta. Els enllaços més comuns i diferents estratègies per a la despolimerització es mostren a la figura 16.

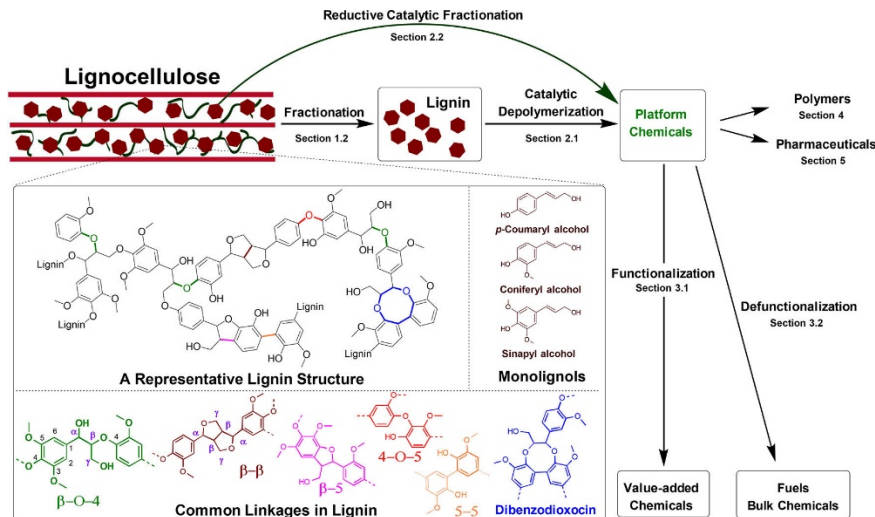


Figura 16. Estructura representativa de la lignina, subunitats típiques de lignina i els enllaços representatius entre els anells aromàtics (Esquerra). Estratègies generals per a la despolimerització de lignina i l'obtenció de productes químics intermedis derivats de lignina (Dreta) [22].

La selecció de condicions de processament adequades durant el fraccionament de lignocel·lulosa ha resultat crucial, ja que els mètodes de fraccionament com ara els processos Kraft, Sulfite, alcalí i Klason (72% d'àcid sulfúric) alteren significativament l'estructura de la lignina nativa, produint derivats de lignina extremadament refractaris a la transformació química posterior [22]. En els últims anys s'han desenvolupat diversos mètodes catalítics eficients i prometedors per a la despolimerització de la lignina, que juguen un paper central en la valorització d'aquest producte. En aquest sentit, aquests nous mètodes de despolimerització han donat com a resultat diversos monòmers en quantitats significatives, principalment compostos fenòlics, amb suficient funcionalitat com per donar origen a més productes químics de valor afegit. Naturalment, el grau de desfuncionalització de la lignina es correlaciona amb la temperatura de reacció. Per la seva part, el mètode de degradació catalítica té una gran influència en l'estructura dels monòmers obtinguts (Figura 17).

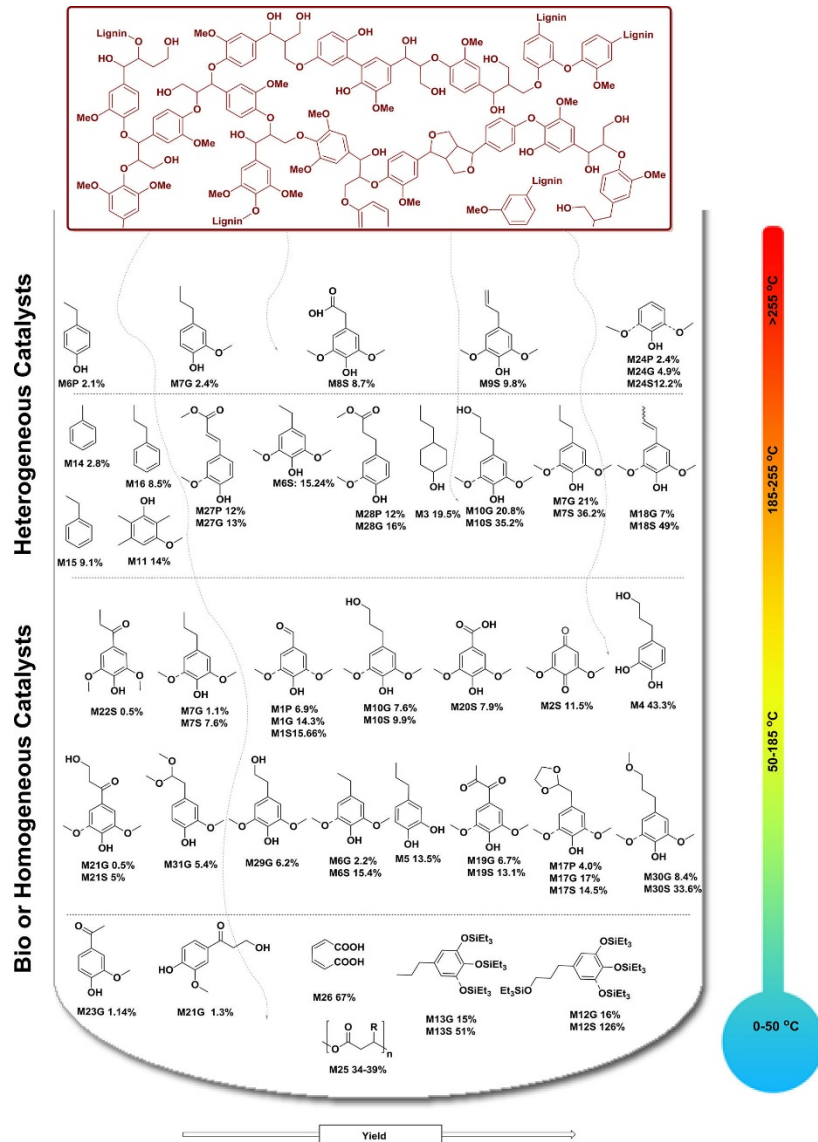


Figura 17. Monòmers basats en lignina obtinguts a través de diferents processos catalítics [22].

El fraccionament catalític de la lignocel·lulosa (CFL), la despolimerització oxidativa de la lignina (ODL) i la despolimerització reductiva de la lignina (DPL) es troben entre aquests nous mètodes. Els mètodes de CFL impliquen l'extracció i la conversió catalítica immediata de lignina a monòmers en un procés en un sol reactor aplicant directament la lignocel·lulosa en presència d'un catalitzador, generalment en condicions reductores. Per a aquest enfocament, s'han descrit catalitzadors com ara Ru/C, Pd/C, Rh/C, Ni/C i Zn/Pd/C en presència de dissolvents donadors d'hidrogen o directament en presència d'hidrogen. L'efecte d'additius àcids i bàsics també s'ha descrit. La separació oxidativa de la lignina per produir vainillina és un dels processos més antics coneguts en l'aprofitament de la lignina [38].

Les estratègies ODL que empen especialment oxigen, peròxid d'hidrogen o peroxiàcids, poden convertir-se en tecnologies de deslignificació importants i econòmicament viables atès que els mètodes oxidatius ja s'empen àmpliament en la indústria de la fabricació de paper per a blanquejar la pasta.

Els mètodes oxidatius tenen el potencial d'usar condicions de reacció generalment suaus; però requereixen suficient selectivitat per tal d'evitar la sobreoxidació del substrat cap a productes gasosos. A més, al contrari que els mètodes de despolimerització reductiva, les reaccions d'oxidació poden conduir a l'addició de funcionalitats als compostos aromàtics derivats de la lignina, augmentant així la possibilitat de formació d'isòmers que condueix a un augment de la complexitat de les mescles de productes finals. A més, els processos que impliquen radicals durant l'oxidació poden conduir a la disminució de rendiments dels productes finals a causa de la repolimerització de la lignina. Idealment, els mètodes d'oxidació haurien de permetre la despolimerització eficient en condicions de reacció suaus, convertint directament la lignina en productes químics específics que contenen restes d'alcohol, aldehyd o àcid carboxílic [39]. En aquest sentit, l'ús d'ILs ha demostrat ser un procés prometedor en l'oxidació dels compostos de la lignina, promovent el trencament dels enllaços tipus èter aromàtics en condicions suaus (100°C) [40].

L'aproximació DPL és molt similar en termes de catalitzadors, solvents i additius a CFL. No obstant això, el pretractament lignocel·lulòsic inevitablement modifica l'estructura nativa de la lignina. Per tant, els resultats DPL són molt dependents del procés utilitzat per aïllar la lignina. Per minimitzar aquesta modificació estructural, es va dissenyar una estratègia extractiva que implica l'addició de formaldehyd durant el pretractament de la biomassa, donant lloc a una fracció de lignina soluble que posteriorment pot ser convertida mitjançant tractament reductor en una mescla de monòmers. Un dels grans reptes d'aquestes aproximacions és la recuperació final dels catalitzadors. Per a això s'han proposat diversos camins com ara el confinament del catalitzador, l'extracció del catalitzador o la seva encapsulació.

4.6. Projeció de la potencial revaloració de la biomassa residual a la Comarca del Segrià.

Tenint en compte la composició dels diferents residus generats a la zona d'estudi, tant els provinents de la biomassa lignocel·lulòsica del sector agrícola com els provinents del sector de la ramaderia (descrits anteriorment a la secció 4.1), tot seguit es presenta una anàlisi del potencial de producció de compostos químics amb valor afegit a partir dels principals components d'aquesta biomassa residual. A la figura 18 es mostren les principals fonts de biomassa residual de la Comarca del Segrià que tenen potencial de revaloració i els principals compostos que es poden obtenir.

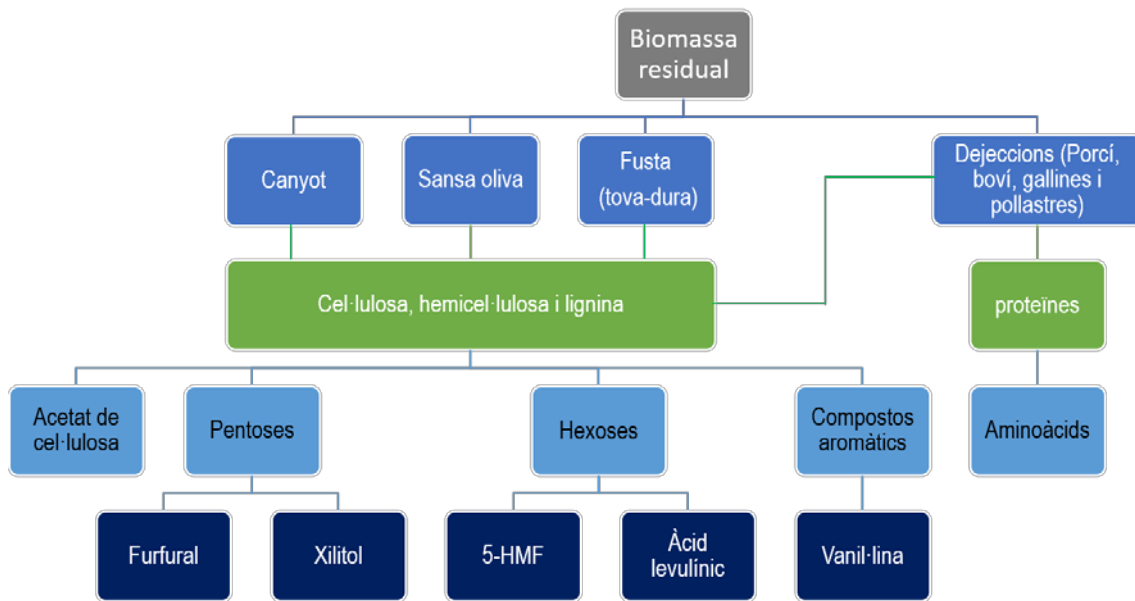


Figura 18. Principals fonts de biomassa residual de la Comarca del Segrià, principals components i els seus derivats més importants.

4.6.1. Anàlisi del potencial de valorització de la biomassa lignocel·lulòsica provinent del sector agrícola i forestal.

Segons les dades recopilades sobre la biomassa residual, procedents de l'agricultura, ramaderia, forest i indústria agroalimentària primària, les fonts més importants de material lignocel·lulòsic són el canyot (canyot de panís, gira-sol i sorgo), residus de fusta (tova i dura) i la sansa d'oliva. A partir dels principals components d'aquests residus (cel·lulosa, hemicel·lulosa i lignina) es poden obtenir com a principals compostos: acetat de cel·lulosa; pentoses, hexoses i compostos aromàtics. Així mateix, a partir de les pentoses es pot obtenir com a principals productes furfural i xilitol, i de les hexoses es pot obtenir 5-HMF i àcid levulínic. D'altra banda, dels compostos aromàtics obtinguts a partir de la lignina es pot produir vanil·lina, un producte de gran interès en el sector alimentari.

A la figura 19 es mostren els principals productes que es poden obtenir a partir de la biomassa lignocel·lulòsica residual de canyot. Aquest tipus de residu és el principal residu generat a la zona d'estudi amb un 47,4% del total de residus generats. Els valors de percentatges i quantitats en t/any, de cada un dels productes presentats, corresponen a prediccions que s'han realitzat tenint en compte diferents dades bibliogràfiques referents a processos de producció i rendiments. Cal aclarir que les dades presentades no deixen de ser aproximacions les quals depenen de les metodologies aplicades i de la disponibilitat, estat, composició i puresa del material de partida. Addicionalment, es mostra el preu actual de cada un dels productes objectiu, la qual cosa porta a concloure que aquest tipus de biomassa residual té un alt potencial de revaloració.

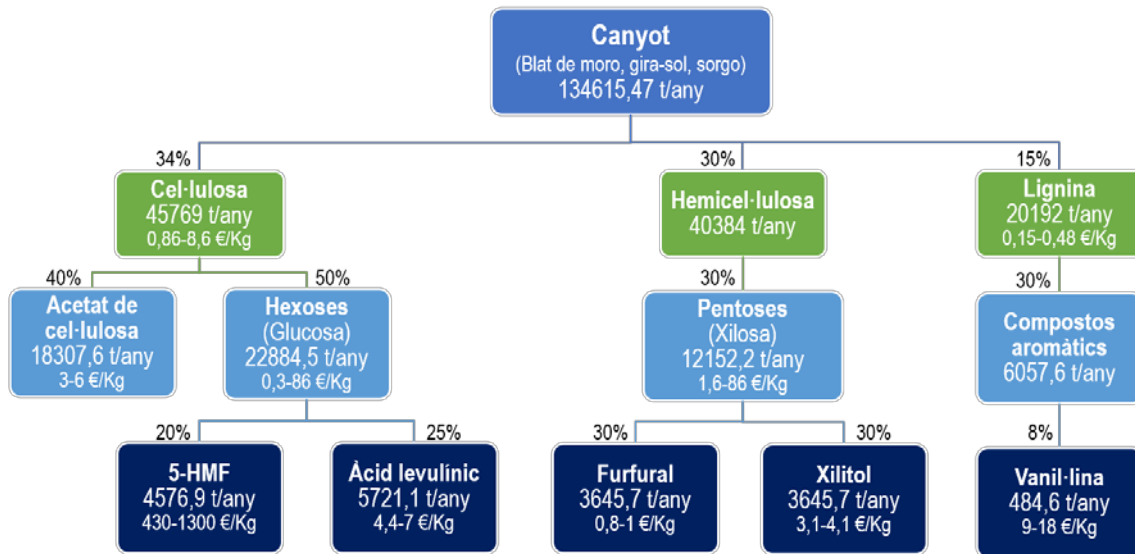


Figura 19. Projecció del potencial de valorització de la biomassa lignocel·lulòsica de canyot. Es mostren els percentatges de recuperació/transformació, quantitats en t/any i preus de venda dels principals productes objectiu.

La biomassa residual procedent de fusta, tant tova com dura, és el segon residu lignocel·lulòsic més abundant a la zona d'estudi, aquest residu representa el 32,9% del total de biomassa residual. En relació al contingut de cel·lulosa, hemicel·lulosa i lignina, la biomassa residual de fusta conté major quantitat d'aquests materials polimèrics si es compara amb la biomassa de canyot i sansa d'oliva (Figura 20).

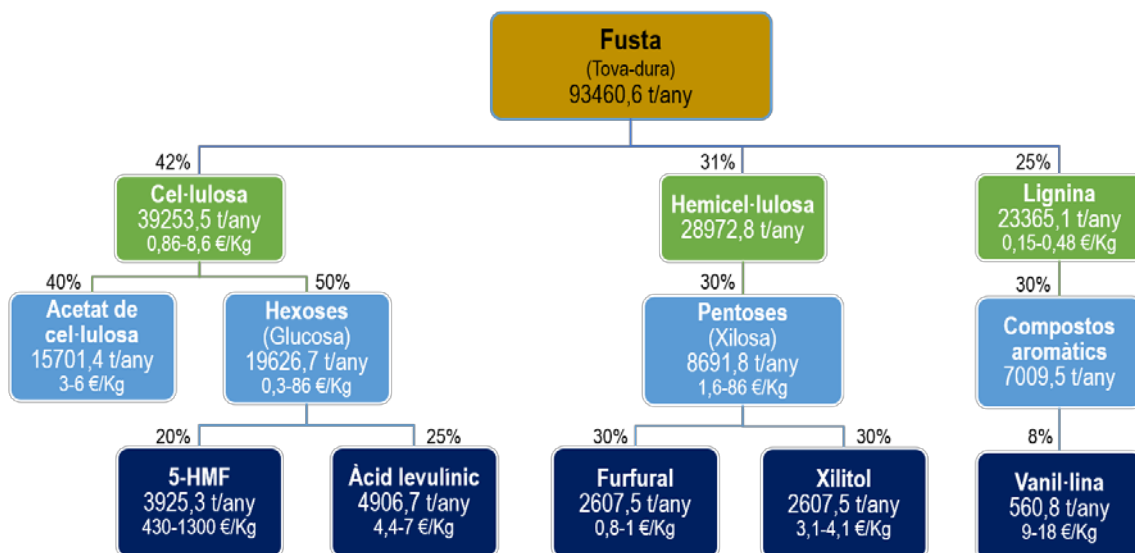


Figura 20. Projecció del potencial de valorització de la biomassa lignocel·lulòsica de fusta (tova-dura) . Es mostren els percentatges de recuperació/transformació, quantitats en t/any i preus de venda dels principals productes objectiu.

A partir de la sansa d'oliva es podrien obtenir els mateixos productes que es podrien obtenir usant la biomassa lignocel·lulòsica de canyot i de fusta (Figura 21). No obstant això, les

quantitats dels productes obtinguts serien molt menors, ja que la quantitat de sansa d'oliva generada a la zona d'estudi representa només el 12,2% del volum total de la biomassa lignocel·lulòsica residual generada. Així mateix, la quantitat de cel·lulosa i hemicel·lulosa continguda en aquest residu és menor si es compara amb la quantitat d'aquests dos materials polimèrics continguts en el canyot i la fusta.

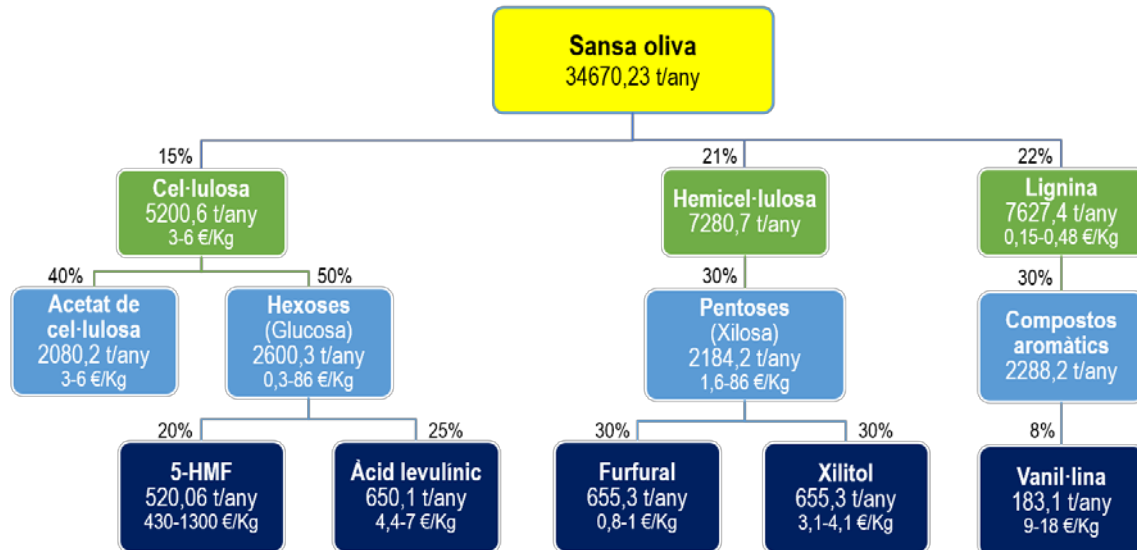


Figura 21. Projecció del potencial de valorització de la biomassa lignocel·lulòsica de sansa de oliva. Es mostren els percentatges de recuperació/transformació, quantitats en t/any i preus de venda dels principals productes objectiu.

4.6.2. Anàlisi del potencial de valorització de la biomassa residual del sector de la ramaderia del Baix Segrià.

Els principals residus del sector de la ramaderia són les dejeccions. Actualment, un 90% d'aquests residus són abocats directament al camp amb un preu que es mou sobre els 0,005 €/kg. Una petita part (sobre el 9%) es convertit en compost, sigui directament o després d'un procés de preparació de biogàs, amb uns preus de venda que oscil·len entre els 0,1-0,5 €/kg [41]. Ara bé, aquests residus, un cop secs, poden arribar a tenir un contingut suficient de material lignocel·lulòsic que pot ser potencialment utilitzat com a matèria primera per obtenir diferents compostos amb alt valor afegit. A més, a partir de les dejeccions, es pot extreure material proteic que, al seu torn, és una font potencial de diferents aminoàcids, els quals tenen aplicacions en diferents sectors industrials. En aquest sentit, s'ha realitzat una anàlisi del potencial de valorització de les dejeccions porcines pel fet que representen el 82% del total de les dejeccions generades a la zona del Baix Segrià. A la figura 22 es mostren els percentatges de recuperació/transformació i quantitats en t/any dels diferents productes que es poden obtenir a partir del fem porcí.

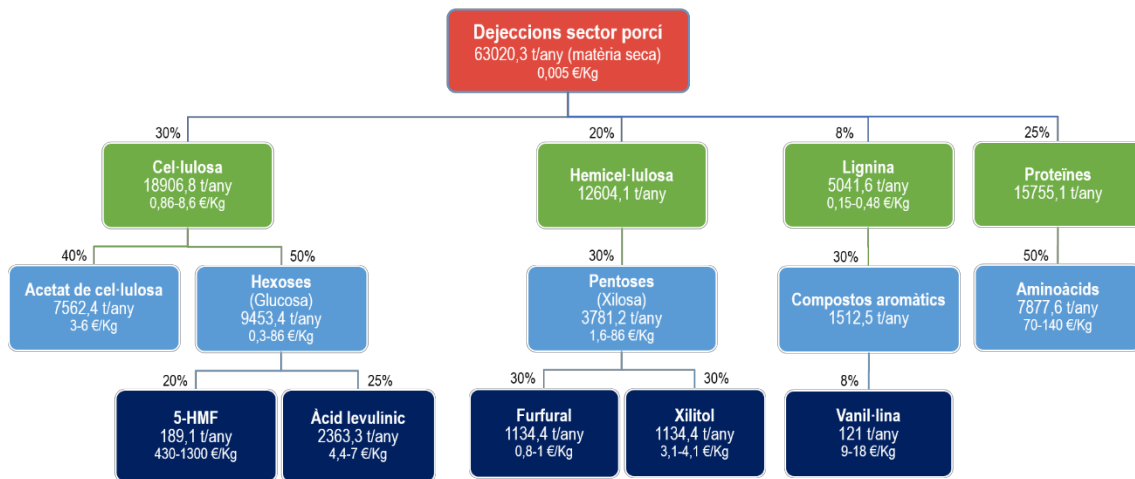


Figura 22. Projecció del potencial de valorització de las dejeccions porcines. Es mostren els percentatges de recuperació/transformació, quantitats en t/any i preus de venda dels principals productes objectiu.

5. Conclusions

La Comarca del Segrià i per tant el Baix Segrià són zones de producció agrícola i ramadera que generen una gran quantitat de biomassa lignocel·lulòsica residual amb un ampli potencial de valorització. Tenint en compte aquest potencial, es proposa enfocar les possibles línies de treball en els següents sentits:

A) *Tot el material que contingui cel·lulosa, hemicel·lulosa i/o lignina podria ser una font d'obtenció dels següents productes amb interès comercial actual:*

A.1 A partir de cel·lulosa, i tenint en compte les produccions estimades i els preus mínims de venda trobats:

- La mateixa cel·lulosa. En aquest cas es pot estimar una producció de 109.129 t/any amb un valor de mercat de 94 milions d'€ en la Comarca del Segrià o 49.380 t/any amb un valor de mercat de 42,5 milions d'€ en el Baix Segrià.
- Biopolímers basats en cel·lulosa com pot ser acetat de cel·lulosa. En aquest cas es pot estimar una producció de 43.652 t/any amb un valor de mercat de 131 milions d'€ en la Comarca del Segrià o 19.750 t/any amb un valor de mercat de 59,3 milions d'€ en el Baix Segrià.
- Glucosa, producte intermedi. En aquest cas es pot estimar una producció de 54.565 t/any amb un valor de mercat de 16,4 milions d'€ en la Comarca del Segrià o 24.691 t/any amb un valor de mercat de 7,4 milions d'€ en el Baix Segrià.
- 5-Hidroximetilfurfural (5-HMF) producte intermedi. En aquest cas es pot estimar una producció de 9.211 t/any amb un valor de mercat de 3.961 milions d'€ en la Comarca del Segrià o 3.237 t/any amb un valor de mercat de 1.392 milions d'€ en el Baix Segrià. A partir del 5-HMF es poden obtenir: furans i derivats de furans, àcids carboxílics, diols i alcans i lactones.

A.2 A partir d'hemicel·lulosa, i tenint en compte les produccions estimades i els preus mínims de venda trobats:

- Xilosa com a producte intermedi. En aquest cas es pot estimar una producció de 26.810 t/any amb un valor de mercat de 42,9 milions d'€ en la Comarca del Segrià o 11.124 t/any amb un valor de mercat de 17,8 milions d'€ en el Baix Segrià.
- Xilitol (es podria emprar tots els residus menys els de les dejeccions). En aquest cas es pot estimar una producció de 8.043 t/any amb un valor de mercat de 25 milions d'€ en la Comarca del Segrià o 3.337 t/any amb un valor de mercat de 10,3 milions d'€ en el Baix Segrià.
- Furfural (FAL) producte intermedi que es podria obtenir a partir de les dejeccions. En aquest cas es pot estimar una producció de 8.043 t/any amb un valor de mercat de 6,4 milions d'€ en la Comarca del Segrià o 3.337 t/any amb un valor de mercat de 2,7 milions d'€ en el Baix Segrià. A partir de FAL es pot obtenir: dímers, oligòmers, productes de condensació, polímers, biocombustibles i components de biocombustibles (furan, tetrahidrofuran, 1,2-pentanodiol, etc.), fragàncies i solvents.

A.3 A partir de lignina, i tenint en compte les produccions estimades i els preus mínims de venda trobats:

- La mateixa lignina. En aquest cas es pot estimar una producció de 56.226 t/any amb un valor de mercat de 8,4 milions d'€ en la Comarca del Segrià o 21.084 t/any amb un valor de mercat de 3,2 milions d'€ en el Baix Segrià. Vainilina (es podria emprar tots els residus menys els de les dejeccions). En aquest cas es pot estimar una producció de 1.350 t/any amb un valor de mercat de 12 milions d'€ en la Comarca del Segrià o 506 t/any amb un valor de mercat de 4,5 milions d'€ en el Baix Segrià.

B) Pel que fa als residus ramaders (dejeccions) també es podrien fer servir per obtenir fertilitzants siguin sols a mesclats amb altres residus de biomassa:

Si suposem que bàsicament només s'empren les dejeccions com a font de fertilitzant estariem davant de les següents possibilitats:

B.1 Aplicació directa de la dejecció.

- A través de l'aplicació directa de la dejecció madura.
- A través de l'àcidificació prèvia de la dejecció i aplicació.

En aquests casos, si es considera que s'arriba a aplicar el 90% que és el valor mitjà europeu, tindriem una producció de 0,6 milions de t/any amb un valor de mercat de 18.000 €.

B.2 Processament de les dejeccions.

- Separació de la fracció líquida i compostatge de la fracció sòlida (ambdues s'empren com a fertilitzants).
- Barreja de les dejeccions amb altres biomasses.
- Compostatge de la fracció sòlida conjuntament amb biomassa d'altres procedències.
- Producció de biogàs per metanització de les dejeccions i posterior processament del digerit per separar fraccions líquida i sòlida.
- Producció de biogàs a partir de mesclades de dejeccions amb biomassa d'altres procedències.

En aquest cas, si es considera que s'arriba a transformar el 9% de les dejeccions pel conjunt de totes aquestes aproximacions, que és el valor mitjà europeu, es podria preveure una producció mínima de 60.000 t/any amb un valor de mercat de 6 milions d'€.

B.3 Altre tipus de valorització de les dejeccions:

- Producció de microalgues a partir de fraccions líquides.
- Extracció de nutrients a partir de fraccions líquides.
- Recuperació d'amoníac emprant membranes selectives.

(no s'han trobat dades sobre possible producció i preus de mercat en cap d'aquests casos)

B.4 Altres possibles usos alternatius de les dejeccions sempre que la legislació europea ho permetés.

- Recuperació de proteïna a partir de la dejecció i transformació en aminoàcids.

En aquest cas es pot estimar una producció de 75.000 t/any amb un valor de mercat de 5.250 milions d'€.

Pel que fa a altres alternatives, com són les aproximacions relacionades a continuació, no s'han trobat dades sobre possible producció i preus de mercat per cap d'elles.

- Utilització en la producció de productes químics i suplementos alimentaris (en països no europeus depenent de la legislació).
- Utilització de membranes per a la recuperació de fòsfor.
- Piròlisi directa dels purins.
- Utilització de bacteris adaptats a aigües amoniacals.

6. Referències

1. G. Winkel. Towards a sustainable European forest-based bioeconomy Assessment and the way forward. European Forest Institute, 2017.
2. Biorefinery: Biofuels, Biochemicals and Bioplastics. Viaspace, revisado 10/09/2018. http://www.viaspace.com/biochemicals_bio_plastics.php
3. P. Kumar, D.M. Barrett, M.J. Delwiche and P. Stroeve. Methods for Pretreatment of Lignocellulosic Biomass for Efficient Hydrolysis and Biofuel Production. *Ind. Eng. Chem. Res.*, 2009, 48, 3713-3729.
4. D.J.G.P. van Osch, L.J.B.M. Kollau, A. van den Bruinhorst, S. Asikainen, M.A.A. Rocha, M.C. Kroon. Ionic liquids and deep eutectic solvents for lignocellulosic biomass fractionation. *Phys.Chem.Chem.Phys.*, 2017, 19, 2636-2665.
5. C.O. Tuck, E. Pérez, I.T. Horváth, R.A. Sheldon, M. Poliakoff. Valorization of biomass: deriving more value from waste. *Science*, 2012, 337, 695-699.
6. G. W. Huber, S. Iborra, A. Corma. Synthesis of transportation fuels from biomass: chemistry, catalysts, and engineering. *Chem. Rev.*, 2006, 106, 4044-4098.
7. L.T. Mika, E. Cséfalvay, Á. Németh. Catalytic Conversion of Carbohydrates to Initial Platform Chemicals: Chemistry and Sustainability. *Chem. Rev.*, 2018, 118, 505-613.
8. K. Tekin, S. Karagöz, S. Bektaş, A review of hydrothermal biomass processing. *Renew. Sust. Energ. Rev.*, 2014, 40, 673-687.
9. N. Ubach, M. R. Teira. Els fertilitzants orgànics d'origen ramader. *Ruralcat* (www.ruralcat.net), 1-6. Consultat 24/10/2018.
10. V. Menon, M. Rao. Trends in bioconversion of lignocellulose: Biofuels, platform chemicals & biorefinery concept *Progress Energ. Comb. Sci.*, 2012, 38, 522-550.
11. F. Cherubini. The biorefinery concept: Using biomass instead of oil for producing energy and chemicals. *Energ. Conv. Manag.*, 2010, 51, 1412-1421.
12. A. Brandt, J. Gräsvik, J. P. Hallett, T. Welton. Deconstruction of lignocellulosic biomass with ionic liquids. *Green Chem.*, 2013, 15, 550-583.
13. A.C. O'Sullivan. A native cellulose microfibril model. *Cellulose*, 1997, 4, 173-207.
14. B.M. Jenkins, L.L. Baxter, J. Koppejan. Biomass combustion, thermochemical processing of biomass: conversion into fuels. In: R.C. Brown, editor. Chemicals and power. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd.; 2011, 13-46.
15. B.C. Saha. Hemicellulose bioconversion. *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.*, 2003, 30, 279-291.
16. P.E. Savage, R.B. Levine, C.M. Huelsman. Hydrothermal processing of biomass: thermochemical conversion of biomass to liquid. In: M. Crocker, editor. Fuels and chemicals. Cambridge: RSC Publishing; 2010, 192-215.
17. S. Banerjee, S. Mudliar, R. Sen, B. Giri, D. Satpute, T. Chakrabarti, R.A. Pandey. Commercializing Lignocellulosic Bioethanol: Technology Bottlenecks and Possible Remedies. *Biofuels. Biofuels, Bioprod. Biorefin.*, 2010, 4, 77-93.
18. J.K. Shu, R.C. Sun. Recent Advances in Alkaline Pretreatment of Lignocellulosic Biomass. In: S.I. Mussatto editor. Biomass Fractionation Technologies for a Lignocellulosic Feedstock Based Biorefinery. Elsevier Inc., 2016.
19. D. Gregg, J.N. Saddler. A techno-economic assessment of the pretreatment and fractionation steps of a biomass-to-ethanol process. *Appl. Biochem. Biotechnol.*, 1996, 711-727.
20. W.G. Cortes Ortiz. Applicable to Treatment Materials for Obtaining Lignocellulosic Ethanol and Chemicals. *J. Technol.* 2014, 13, 39-44.

21. D. Fengel, G. Weneger. Wood: Chemistry, ultrastructure, reactions. Berlin and New York. Wiley Library, 1984, 613 pp.
22. Z. Sun, B. Fridrich, A. de Santi, S. Elangovan, K. Bart. Bright Side of Lignin Depolymerization: Toward New Platform Chemicals. *Chem. Rev.*, 2018, 118, 614-678.
23. A. Xu, X. Guo, Y. Zhang, Z. Li, J. Wang. Efficient and sustainable solvents for lignin dissolution: aqueous choline carboxylate solutions. *Green Chem.* 2017, 19, 4067-4073.
24. Q. Yang, Y. Wang, H. Zhang, K. Xu, X. Wei, P. Xu, Y. Zhou. A novel dianionic amino acid ionic liquid-coated PEG 4000 modified Fe₃O₄ nanocomposite for the magnetic solid-phase extraction of trypsin. *Talanta*, 2017, 174, 139-147.
25. E. Gümüşkaya, M. Usta, H. Kirci. The effects of various pulping conditions on crystalline structure of cellulose in cotton linters. *Polym. Degrad. Stab.*, 2003, 81, 559-564.
26. K. Fischer, I. Schmidt. Hemicellulose in Dissolving Pulp and its Behaviour during its Processing to Viscose. *Macromol. Symp.*, 2008, 262, 85-88.
27. J.K. Kurian, G.R. Nair, A. Hussain, G.S.V. Raghavan. *Renew. Sustain. Energ Rev.*, 2013, 25, 205-219.
28. E.Y. Vlasenko, H. Ding, J.M. Labavitch, S.P. Shoemaker. Enzymatic hydrolysis of pretreated rice straw. *Bioresour. Technol.*, 1997, 59, 109-119.
29. F. Teymouri, L. Laureano-Perez, H. Alizadeh, B.E. Dale. Optimization of ammonia fiber explosion (AFEX) treatment parameters for enzymatic hydrolysis of corn stover. *Bioresour. Technol.*, 2005, 96, 2014-2018.
30. J. Lee, H. Jammel, R. Venditti. A comparison of the autohydrolysis and ammonia fiber explosion (AFEX) pretreatments on the subsequent enzymatic hydrolysis of coastal Bermudagrass. *Bioresour. Technol.*, 2010, 101, 5449-5458.
31. F. Zimbardi, E. Ricci, G. Braccio. Technoeconomic study on steam explosion application in biomass processing. *Appl. Biochem. Biotechnol.*, 2002, 98, 89-99.
32. P. Domínguez de María. Recent trends in (ligno)cellulose dissolution using neoteric solvents: switchable, distillable and bio-based ionic liquids. *J. Chem. Technol. Biotechnol.*, 2014, 89, 11-18.
33. S. Xia, G.A. Baker, H. Li, S. Ravula, H. Zhao. Aqueous Ionic Liquids and Deep Eutectic Solvents for Cellulosic Biomass Pretreatment and Saccharification. *RSC Adv.*, 2014, 4, 10586-10596.
34. S. Chen, J.H. Harrison, W. Liao, D.C. Elliott, C. Liu, M.D. Brown, Z. Wen, A. E. Solana, R.L. Kincaid, D.J. Stevens. Value-Added Chemicals from Animal Manure. Final Technical Report, 2003.
35. M. Vanotti, A.A. Szogi, P.W. Brigman. Animal Manure Management. April 17, 2017.
36. J.M.R. Gallo, M.A. Trapp. The Chemical Conversion of Biomass-Derived Saccharides: an Overview. *J. Braz. Chem. Soc.*, 2017, 28, 1586-1607.
37. L. Hu, L. Lin, Z. Wu, S. Zhou, S. Liu. Recent advances in catalytic transformation of biomass-derived 5-hydroxymethylfurfural into the innovative fuels and chemicals. *Renew. Sustain. Energ. Rev.*, 2017, 74, 230-254.
38. M.P. Pandey, C.S. Kim. Lignin Depolymerization and Conversion: A Review of Thermochemical Methods. *Chem. Eng. Technol.* 2011, 34, 29-41.
39. G. Chatel, R.D. Rogers. Review: Oxidation of lignin using ionic liquids - An innovative strategy to produce renewable chemicals. *ACS Sust. Chem. Eng.* 2014, 2, 322-339.
40. K. Stark, N. Taccardi, A. Bosmann, P. Wasserscheid. Oxidative depolymerization of lignin in ionic liquids. *ChemSusChem.*, 2010, 3, 719-723.
41. A. Buckwell, E. Nadeu. Nutrient Recovery and Reuse (NRR) in European agriculture. A review of the issues, opportunities, and actions. *RISE Foundation, Brussels*, 2016.

7. Índex

1. Objectiu.	1
2. Introducció.	2
3. Metodologia.	4
4. Resultats y discussió.	5
<i>4.1. Fonts de biomassa lignocel·lulòsica a la Comarca del Segrià i de la zona del Baix Segrià.</i>	5
4.1.1. Fonts de biomassa lignocel·lulòsica del sector agrícola a la Comarca del Segrià.	6
4.1.2. Fonts de biomassa lignocel·lulòsica del sector agrícola de la zona del Baix Segrià.	8
4.1.3. Fonts de biomassa lignocel·lulòsica del sector de la ramaderia de la zona del Baix Segrià.	10
4.1.3.1. Consum de pinso y farratge	12
4.1.3.2. Volum de dejeccions	14
<i>4.2. Principals components de la biomassa lignocel·lulòsica.</i>	16
4.2.1. Cel·lulosa.	18
4.2.2. Hemicel·lulosa.	18
4.2.3. Lignina.	18
<i>4.3. Pretractament i fraccionament de la biomassa lignocel·lulòsica.</i>	19
4.3.1. Pretractaments fisicoquímics.	220
4.3.2. Actuals tecnologies per al fraccionament de biomassa lignocel·lulòsica.	20
<i>4.4. Transformació dels carbohidrats de la biomassa lignocel·lulòsica.</i>	21
<i>4.5. Transformació de la lignina de la biomassa lignocel·lulòsica.</i>	23
<i>4.6. Projecció de la potencial revaloració de la biomassa residual a la Comarca del Segrià.</i>	26
4.6.1. Anàlisi del potencial de valorització de la biomassa lignocel·lulòsica provinent del sector agrícola i forestal.	27
4.6.2. Anàlisi del potencial de valorització de la biomassa residual del sector de la ramaderia del Baix Segrià.	29
5. Conclusions	31
6. Referències	34
7. Índex	36