
ALIMENTACIÓ I ENERGIA II: IMPLICACIONS FUTURES

Xavier Flotats-Ripoll, Carles Riba-Romeva

Professors emèrits de la Universitat Politècnica de Catalunya
i membres del Col·lectiu per a un Nou Model Energètic
i Social Sostenible (CMES), Barcelona

REBUT: 8 de maig de 2020 - ACCEPTAT: 3 de juliol de 2020

RESUM

Com a continuació d'un article anterior publicat a *QUADERNS AGRARIS* sobre la relació entre energia i alimentació, en aquest article s'analitzen una sèrie de factors que afecten la transició a un sistema alimentari sostenible i un sistema energètic renovable, fent èmfasi en el sistema alimentari de Catalunya. La complexitat de la cadena alimentària obliga a una visió de conjunt, des de la producció primària fins a la recuperació de l'energia i la valoració de les substàncies que componen els productes alimentaris usats. El sistema està caracteritzat per una especialització del territori, en el qual s'identifiquen àrees productores d'aliments i àrees consumidores, on es concentra la població, i està immers en un mercat global d'importacions i exportacions que dificulta el consum de proximitat, el qual contribueix a la reducció del consum energètic. Per a avançar cap a un futur renovable, cal dirigir-se cap al model d'economia circular adoptat per la Unió Europea, amb accions col·lectives i implicació ciutadana, en el marc d'un esquema de transició en el qual cal definir objectius a llarg termini i fites a curt i a mitjà termini, emprant indicadors que informin sobre els avenços aconseguits. Aquesta transició està plena d'incerteses i de dificultats, però també de reptes i d'oportunitats.

PARAULES CLAU: alimentació, cadena alimentària, energia, transició energètica, economia circular.

Correspondència: Xavier Flotats Ripoll. Departament d'Enginyeria Agroalimentària i Biotecnologia. UPC - Barcelona TECH. C/ Esteve Terradas, 8. 08860 Castelldefels. Tel.: 935 521 218. A/e: xavier.flotats@upc.edu.

ALIMENTACIÓN Y ENERGÍA II: IMPLICACIONES FUTURAS

RESUMEN

Como continuación de un artículo anterior publicado en *QUADERNS AGRARIS* sobre la relación entre energía y alimentación, en el presente artículo se analizan una serie de factores que afectan a la transición a un sistema alimentario sostenible y un sistema energético renovable, haciendo énfasis en el sistema alimentario de Cataluña. La complejidad de la cadena alimentaria obliga a una visión de conjunto, desde la producción primaria hasta la recuperación de la energía y la valorización de las sustancias que componen los productos alimenticios usados. El sistema está caracterizado por una especialización del territorio, en el que se identifican áreas productoras de alimentos y áreas consumidoras, donde se concentra la población, y está inmerso en un mercado global de importaciones y exportaciones que dificulta el consumo de proximidad, el cual contribuye a la reducción del consumo energético. Para avanzar hacia un futuro renovable, hay que dirigirse hacia el modelo de economía circular adoptado por la Unión Europea, con acciones colectivas e implicación ciudadana, en el marco de un esquema de transición en el que hay que definir objetivos a largo plazo y metas a corto y medio plazo, utilizando indicadores que informen sobre los avances conseguidos. Esta transición está llena de incertidumbres y dificultades, pero también de retos y oportunidades.

PALABRAS CLAVE: alimentación, cadena alimentaria, energía, transición energética, economía circular.

FOOD AND ENERGY II: FUTURE IMPLICATIONS

ABSTRACT

As a continuation of a previous article published in *QUADERNS AGRARIS* on the relationship between energy and food, this paper analyses a series of factors that affect the transition to a sustainable food system and a renewable energy system, emphasizing the food system of Catalonia. The complexity of the entire food chain requires an overview ranging from primary production to energy recovery and the recycling of substances that make up the food products used. The system is characterized by a specialization of the territory, in which different food-producing and consuming areas, where the population is concentrated, are identified within a global market of imports and exports that hampers the consumption of short-chain food contributing to the reduction of energy consumption. To advance towards a

renewable future, we need to move in the direction of the circular economy model adopted by the European Union, which entails collective action and citizen involvement, in the framework of a transition scheme in which it is necessary to define long-term objectives and short- and medium-term goals, adopting indicators that provide information on the progress achieved and revisiting the objectives and the methods applied to accomplish them. This transition is laden with uncertainties and difficulties, but with challenges and opportunities as well.

KEYWORDS: food, food chain, energy, energy transition, circular economy.

1. INTRODUCCIÓ

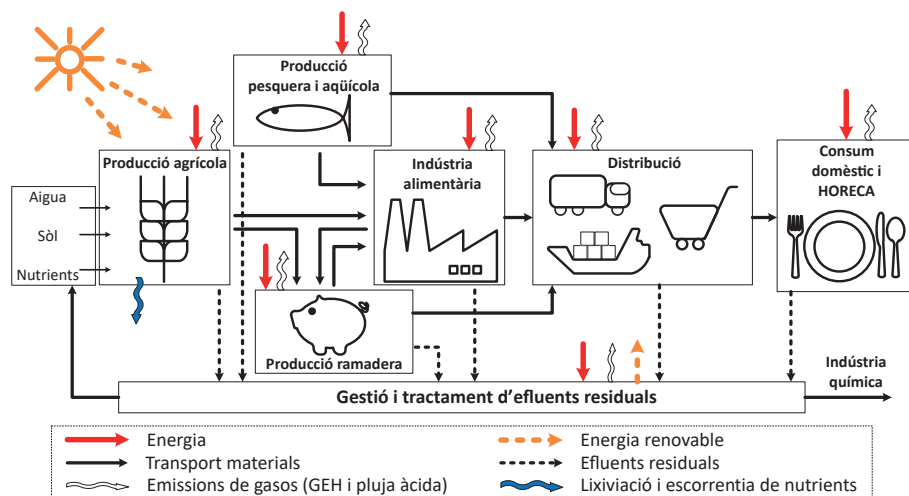
A l'article de Riba-Romeva i Flotats-Ripoll (2019) es va analitzar la relació entre energia i alimentació a fi de caracteritzar la situació actual, a partir de dades estadístiques, i es va concloure que el consum energètic de la cadena alimentària representava l'any 2008 el 29,2% de l'energia final del sistema energètic mundial, del qual el 37,9% es perdia per malbaratament alimentari. Als estats de la Unió Europea (UE), l'any 2013, aquest consum va presentar una mitjana del 17% del consum d'energia primària de la UE i el 25,7% del consum d'energia final (Monforti-Ferrario i Pinedo Pascua, 2015).

El mateix any 2008, per a fer arribar a la població mundial una mitjana de 2.883 kcal/hab./dia (1.221,8 kWh/hab./any), que seria el valor del proveïment calòric alimentari, es van consumir 3.960 kWh/hab./any per a produir, processar i distribuir els aliments, consum que va arribar a 13.105 kWh/hab./any en els cinquanta països amb rendes més elevades i a 2.190 kWh/hab./any a la resta de països. El consum energètic mundial en la cadena alimentària destina, de mitjana, un 21% a la producció primària (12% en l'agricultura, 6% en la ramaderia i 3% en la pesca i aquicultura), un 43% al processament i la distribució, i el 36% restant a la venda al detall i a cuinar.

En aquest article s'analitzen les variables que cal considerar, les implicacions de la transició energètica del complex alimentari cap a un model basat en energies renovables, i les accions per a reduir la demanda energètica, a partir d'una anàlisi del context, tant de l'evolució i la tendència del sistema alimentari català com de les polítiques adreçades al desenvolupament sostenible.

Esquemàticament, el complex alimentari inclou (figura 1): la producció primària (producció agrícola, ramadera, pesquera i aquícola), la transformació (indústria alimentària), la distribució i el consum final; així com el tractament o la transformació dels efluent residuals, això és, de les aigües residuals i dels residus orgànics, els quals es consideren formes (líquides i sòlides) d'evacuació dels aliments transformats o aprofitats en les fases pre-

FIGURA 1. Esquema del complex alimentari



GEH: gasos amb efecte d'hivernacle; HORECA: hostaleria, restauració i servei d'àpats.

NOTA: En el cas d'aplicar aquest esquema a una zona geogràfica concreta, com Catalunya, s'hi han d'incloure entrades i sortides de matèries primeres i productes elaborats, segons importacions i exportacions (figura 6) i entrades procedents d'altres activitats industrials.

FONT: Elaboració pròpia.

cedents. També cal considerar els efluents residuals gasosos, els quals, en el cas de l'amoniac (gas que provoca pluja àcida) o dels gasos amb efecte d'hivernacle (GEH), representen també una pèrdua de recursos —materials i energètics— amb implicacions greus en la qualitat ambiental.

2. EL CONTEXT: TENDÈNCIA A LA CONCENTRACIÓ I A L'ESPECIALITZACIÓ

Disposar de molta energia en una petita unitat de massa (gasoil i gasolines, gas natural, gasos líquuats de petroli, etc.), a un preu assequible, ha permès, entre altres activitats:

— Transportar els aliments a llargues distàncies, de zones productores a zones consumidores, cosa que fa que l'ordenació territorial d'una zona geogràfica quedi deslligada de l'estructura de proveïment alimentari de la població.

— Produir fertilitzants sintètics i proveir de recursos fòssils els factors de producció agrària, cosa que fa que els recursos propis d'un territori no con-

dicionin la seva capacitat productiva per al proveïment d'aliments a la població.

— Desvincular la capacitat de produir proteïna animal d'un territori de la capacitat de produir la proteïna vegetal per a alimentar el bestiar.

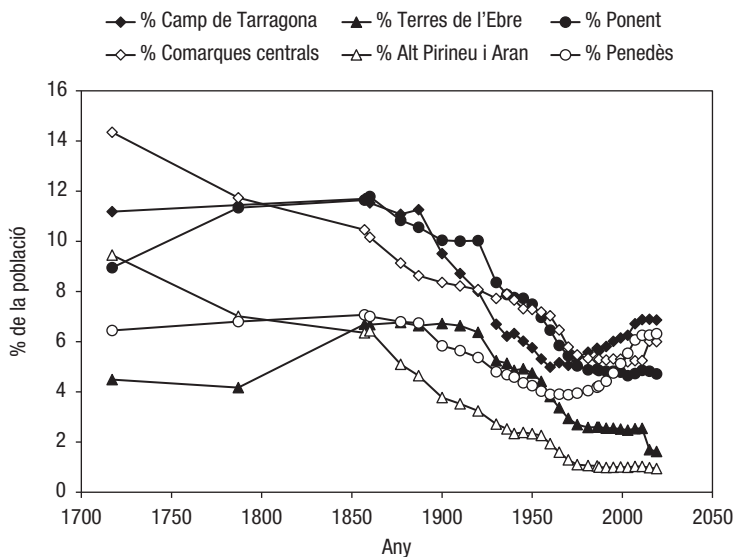
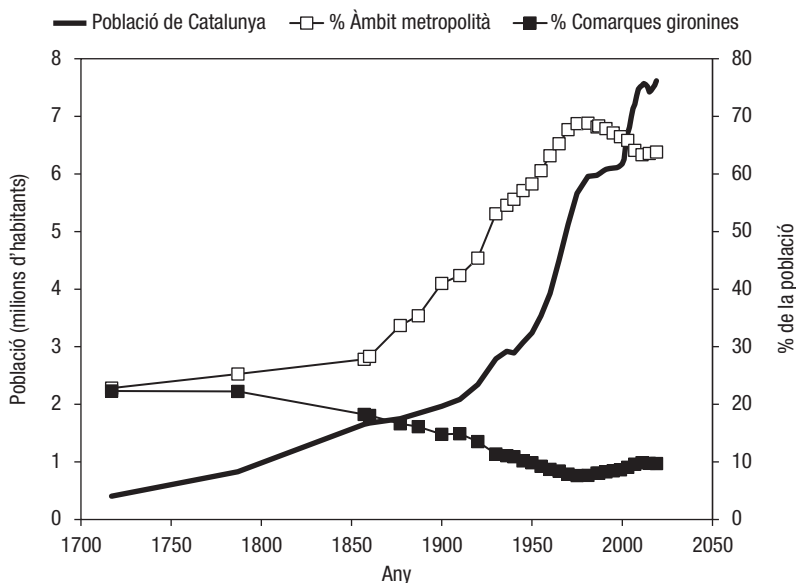
Els fets anteriors han possibilitat una millora de la qualitat de vida en zones on els recursos propis no ho haurien permès, però també increments de la densitat de població en àrees on la producció d'aliments no pot abastir els seus habitants. Això configura un escenari en què el consum d'energia del complex agroalimentari d'un país no necessàriament coincideix amb l'energia utilitzada per a produir i abastir d'aliments la població, sobretot quan el pes de les importacions i les exportacions és elevat.

A l'antiguitat, la població de les ciutats estava determinada pel territori que controlaven com a font de recursos per a la seva pervivència. L'any 1950 el 29,5% de la població mundial vivia en aglomeracions urbanes; avui aquest percentatge és del 55%, amb previsió que sigui del 68% el 2050 (UN, 2019). Tot i que les Nacions Unides (UN, 2019) identifiquen trenta-tres països o regions amb decrement de la població urbana en el període 1990-2018, en general, hi ha una tendència de la població mundial a concentrar-se en àrees urbanes. Aquest fet comporta canvis en els usos del sòl, pèrdua d'àrees agrícoles en zones periurbanes, una disminució de la població activa agrària i una despesa cada vegada més elevada en transport, conservació i distribució d'aliments, amb conseqüències en el consum d'energia. Catalunya no s'escapa d'aquesta tendència; en el període 1920-2019, la població es multiplica per 3,25 i, entre els anys 1955-1975, la taxa de creixement va ser màxima degut a la immigració. A la figura 2 es pot observar aquest creixement i la concentració de la població en l'àmbit metropolità, tot i que a partir de la dècada de 1980 s'aprecia un lleuger canvi de tendència en alguns àmbits territorials.

A la ciutat de Terrassa, en l'àmbit metropolità, Arisó (1982) va identificar en el període 1956-1981 un increment del 314% de la superfície urbana-industrial a costa d'una pèrdua del 63% d'àrea agrícola productiva i del 6,5% de superfície forestal, així com l'aparició d'un 11,5% d'àrees agrícoles improductives o abandonades, que es van transformar o en zona urbanitzada o en nou espai forestal, el qual va passar d'un 44,1% l'any 1981 al 50,7% l'any 2014 (INEbase, 2020). A la figura 3 es mostren els usos del sòl per àmbits territorials a Catalunya dels anys 2001 i 2018, període en el qual es pot comprovar l'augment de les zones forestals (+7,8%) i urbanitzades (+5,2%), en detriment de superfícies de conreu (-10,1%) i zones sense vegetació (-36,7%). Catalunya té una extensió de 32.108 km², amb una distribució el 2018 del 63,9% d'espai forestal, el 26% de conreus (833.521 ha), el 6,8% de zones urbanitzades i infraestructures, i la resta, el 3,3%, terres sense vegetació.

La pèrdua de superfície destinada a usos agrícoles ha estat generalitzada pels diferents tipus de conreus i àmbits territorials, amb variacions inter-

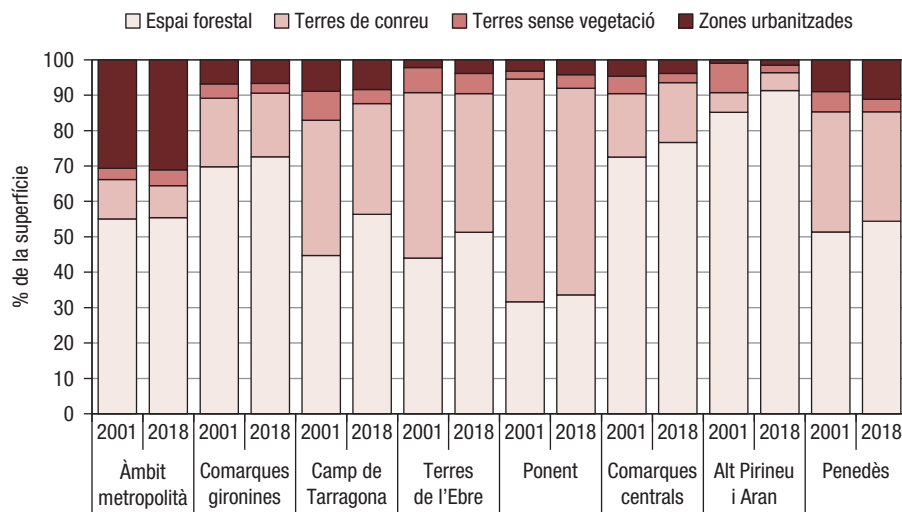
FIGURA 2. Evolució de la població a Catalunya entre 1717 i 2019 i distribució percentual de la població per àmbits territorials¹



1. Tal com queden establerts en la Llei 23/2010, de 22 de juliol, que modifica l'article 2.2 de la Llei 1/1995, de 16 de març, per la qual s'aprova el Pla Territorial General de Catalunya.

FONT: Elaboració pròpia a partir d'Idescat.

FIGURA 3. Usos del sòl a Catalunya per àmbits territorials. Anys 2001 i 2018

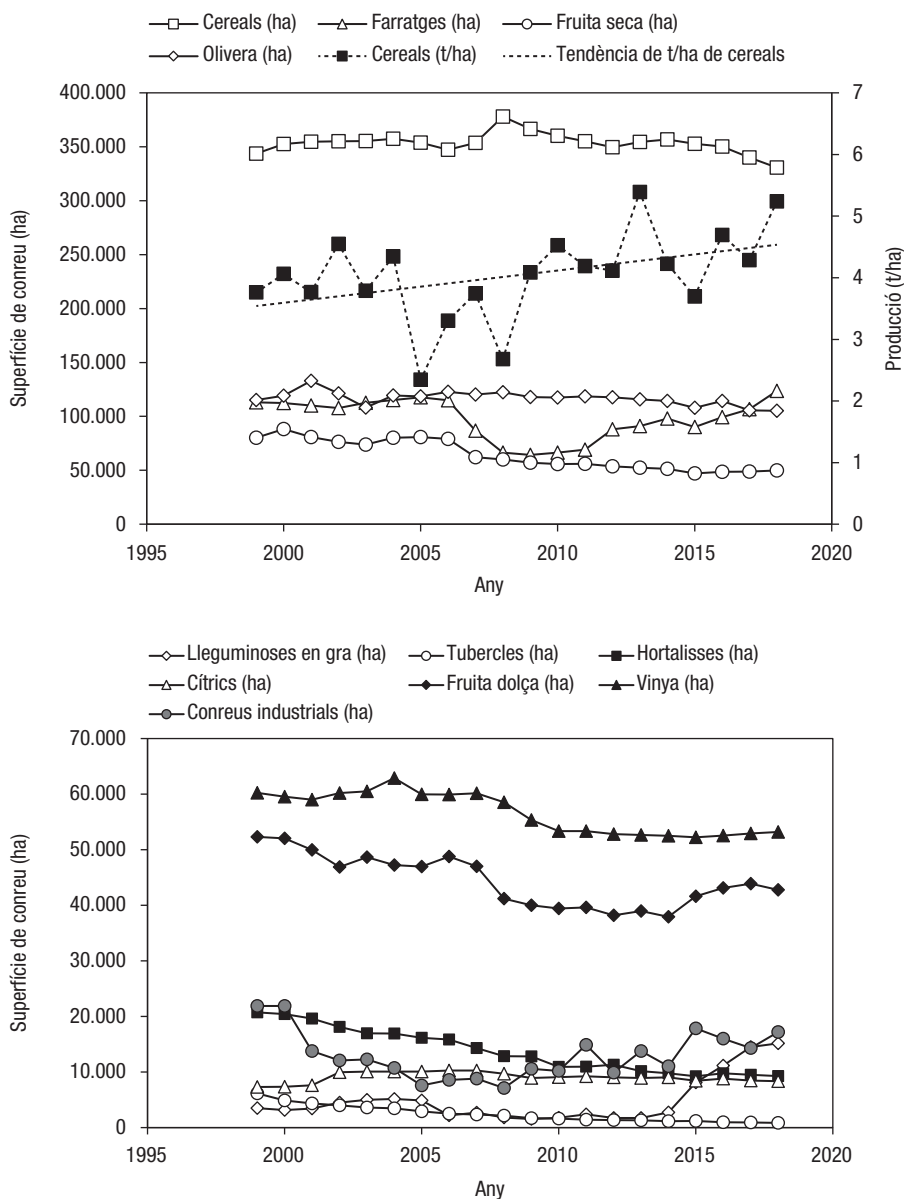


FONT: Elaboració pròpia a partir d'Idescat.

anuals, llevat de la superfície destinada a les lleguminoses en gra, la qual es multiplica per 3,8 amb un augment significatiu a partir de 2013, i la de cereals, que presenta un augment del 5% en el període 2001-2018. La superfície més petita no s'ha vist compensada per un augment generalitzat de la productivitat, encara que tots els cultius mostren una tendència a un lleuger increment, el qual tan sols és estadísticament significatiu per a les lleguminoses, els tubercles i els conreus industrials, amb un nivell de significació del 95%, segons les dades analitzades del període 2001-2018 procedents d'Idescat. La figura 4 mostra l'evolució de la superfície llaurada de cada tipus de conreu i la productivitat (t/ha) dels cereals en gra, a efectes il·lustratius. Aquesta productivitat mostra una tendència creixent, amb pendent positiu de 52 kg/ha/any, però que no és estadísticament significativa degut a les variacions interanuals. Dins del grup dels cereals, tan sols l'ordi i l'arròs presenten tendències creixents significatives de productivitat, amb pendents de 66 i 35 kg/ha/any, respectivament.

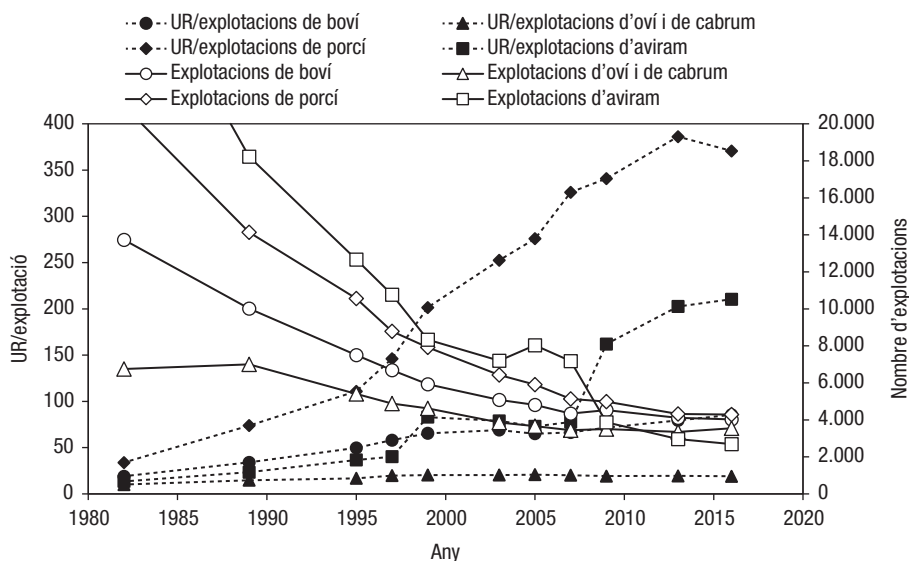
La participació de la producció ramadera en el valor de la producció final agrària, l'any 1962, va ser del 30,6%, mentre que el 1979 va ser del 62,2% (Aldomà *et al.*, 1983). L'any 2014 va ser del 65,1% i el 2018 va baixar al 61%. Aquest any, el sector porcí representà el 54,4% de la producció ramadera (DARP, 2020). El fort creixement de la ramaderia intensiva en les dècades de 1960 i 1970, i la millora corresponent de la renda agrària (l'agrícola es multiplica per 4,4, mentre que la ramadera ho fa per 15 en el període 1962-1979),

FIGURA 4. Evolució de la superfície dels diversos conreus a Catalunya. Període 1999-2018. Per als cereals, s'indica la productivitat (t/ha) i la línia de tendència



FONT: Elaboració pròpia a partir d'Idescat.

FIGURA 5. Evolució del nombre d'explotacions de les espècies ramaderes principals i de les unitats ramaderes (UR) per explotació a Catalunya. Període 1982-2016



FONT: Elaboració pròpia a partir de dades d'Idescat (1990; 2020).

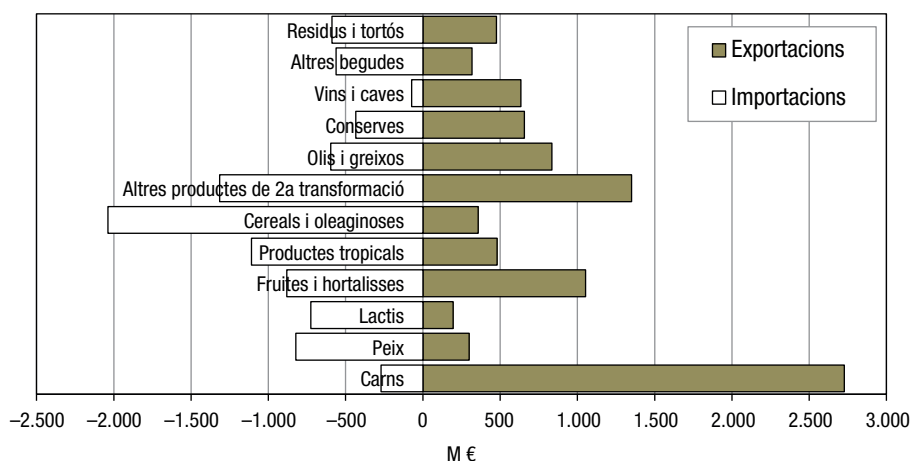
està molt lligat al desenvolupament dels contractes d'integració, en els quals la dedicació del ramader majoritàriament és a temps parcial en el període estudiat per Aldomà *et al.* (1983). Aquesta modalitat ramadera incipient va permetre que els ingressos de les explotacions agràries no depenguessin tan sols de les collites i que s'establís població en el territori. L'evolució ha comportat una especialització i una professionalització de la producció ramadera, amb capacitat per a l'exportació, i una mida de les explotacions que les ha fet competitives en un mercat global (figura 5).

El nombre de granges s'ha reduït, mentre que el nombre d'animals per explotació ha augmentat, com també ho han fet els índex de conversió de pinso en carn (Riba-Romeva i Flotats-Ripoll, 2019). A la figura 5 es mostra l'evolució del nombre d'explotacions ramaderes a Catalunya en el període 1982-2016 i les unitats ramaderes (UR)¹ per explotació en el mateix període.

Davant de l'èxit productiu de la ramaderia, s'hi contraposen la dependència amb el mercat internacional per a obtenir les matèries primeres del pinso i el desarrelament parcial de la producció ramadera intensiva de la producció agrícola. Com mostra la figura 6, les principals importacions de

1. Les equivalències d'unitats ramaderes (UR) es poden trobar a DARP (2014).

FIGURA 6. *Comerç exterior dels principals productes agroalimentaris de Catalunya (en M €). Any 2018*



FONT: Elaboració pròpia a partir de DARP (2020).

productes agroalimentaris corresponen a cereals i oleaginoses, i les exportacions més importants són de productes carnis. Davant l'efecte positiu que les exportacions de carn aporten a la balança comercial del país, s'hi contraposen les implicacions en el balanç de nitrogen i la contaminació atmosfèrica i de les aigües.

La producció i el consum de productes agroalimentaris a Catalunya es troben en el marc d'una economia global, marcada per una especialització: s'exporta allò que es pot produir de manera competitiva (carn, fruita, vins i caves...) i s'importa allò que, o bé no es té capacitat de produir (per exemple, fruites tropicals o cafè), o bé no es produeix en prou quantitat (per exemple, hortalisses). Equilibrar la producció pròpia amb les importacions i les exportacions aporta flexibilitat i assegura el proveïment, independentment de les variacions estacionals en la producció i en el consum propis, però planteja dificultats sobre l'aplicació estricta del consum de proximitat, sobre la valoració econòmica del treball agrari i, en definitiva, sobre la sostenibilitat del sistema alimentari.

Satterthwaite *et al.* (2010) fan notar que la urbanització creixent i el moviment de la població cap a les grans ciutats, bé sigui per raons econòmiques, per la recerca d'oportunitats laborals o de sinergies professionals, entre altres factors, modifiquen l'esquema del sistema alimentari en la línia que s'ha vist a Catalunya, i crea diferències en el nivell adquisitiu de la població. També descriuen el fenomen del retorn de població amb capacitat adquisitiva cap a zones rurals, el qual no es pot considerar una desurbanització sinó

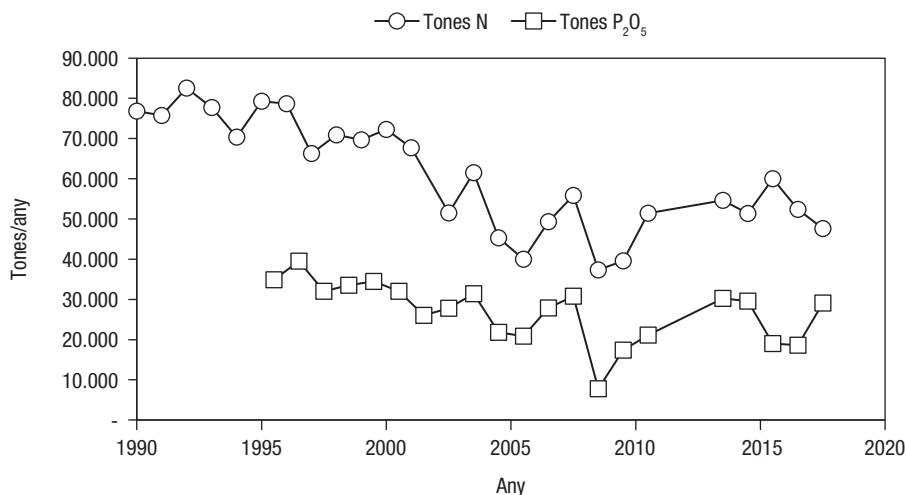
una urbanització de zones rurals, amb conseqüències en el model de desenvolupament territorial. Un desenvolupament basat en el turisme i les segones residències millora la qualitat de vida de la població dedicada a aquests serveis, però no implica, necessàriament, una millora de l'estructura productiva de la zona i, a més, intensifica la percepció del medi rural com l'espai per al descans. El joc de percepcions és important, perquè dificulta l'entrada de noves activitats econòmiques de transformació relacionades amb l'agricultura, la ramaderia i els recursos naturals.

3. ELS INDICADORS DE SOSTENIBILITAT

Garrido (coord., 2011), en una anàlisi dels indicadors de sostenibilitat de l'agricultura i ramaderia espanyoles en el període 1980-2008, conclou que es va produir un augment de l'eficiència en la producció i una reducció dels consums de fertilitzants i d'energia per unitat de producte.

A la figura 7 s'aprecia la reducció del consum de fertilitzants minerals (nitrogen, N, i fòsfor, P) a Catalunya fins a l'any 2008, aproximadament, que a continuació s'estanca al voltant de 50.000 t N/any i 23.000 t P₂O₅/any (10.000 t P/any), o sigui una relació P/N de 0,2. Aquesta relació és coherent amb les extraccions dels cultius usuals a Catalunya (RuralCat, 2019), però si es considerés, a més, l'aportació dels fems i purins com a fertilitzants, que presenten relacions P/N superiors —fins i tot el doble en el cas dels pollastres

FIGURA 7. Consum de fertilitzants minerals a Catalunya. Període 1990-2018



FONT: Elaboració pròpia a partir d'ANFFE (2020).

X. Flotats-Ripoll, C. Riba-Romeva

d'engreix (Ortiz i Parera, 2015)—, i s'adoptessin plans de fertilització més acurats, el consum de fertilitzants fosfatats hauria de disminuir.

El consum d'energia final de la producció primària i la indústria alimentària a Catalunya l'any 2003 va ser de 1.228,6 ktep (milers de tones equivalents de petroli), amb un 81,5% en combustibles i la resta en energia elèctrica, que corresponen al 8,04% del consum total d'energia final a Catalunya en el mateix any. El consum l'any 2017, per productes energètics, es mostra a la taula 1. Respecte de l'any 2003, el sector primari ha reduït el consum d'energia un 18% i la indústria alimentària l'ha augmentat un 5,5%, de la qual cosa resulta una reducció global del 6,6%.

A la taula 1 es destaca la gran dependència dels productes derivats del petroli (gasoil en un 96,5%) en el sector primari, utilitzats majoritàriament com a combustible per a la maquinària, barques de pesca i calefacció de granges. A la indústria alimentària, tenen més pes l'energia elèctrica i el gas natural. Les energies renovables hi tenen encara un paper marginal, tot i que l'energia de la biomassa i el biogàs estan creixent.

TAULA I. *Consum d'energia final de la producció primària, la indústria alimentària i del total de Catalunya. Any 2017*

	Producció primària		Indústria alimentària		Ambdós sectors	
	ktep ¹	%	ktep ¹	%	ktep ¹	%
Productes petrolífers	475,4	90,9	26,1	4,2	501,5	43,7
Gas natural	11,7	2,2	354,4	56,7	366,1	31,9
Energia elèctrica	31,3	6,0	231,3	37,0	262,6	22,9
Energies renovables	4,5	0,9	13,2	2,1	17,7	1,5
Biomassa agrària, animal i forestal	4,3		11,7		16,0	
Biogàs	0,2		1,4		1,6	
Energia solar tèrmica			0,1		0,1	
Total	522,9	100	624,9	100	1.147,8	100
Energia elèctrica: Catalunya (% d'ambdós sectors)					3.693,4	(7,1%)
Combustibles: ² Catalunya (% d'ambdós sectors)					10.218,6	(8,7%)
Consum total: Catalunya (% d'ambdós sectors)					13.912	(8,3%)

¹ 1 ktep = 11,63 GWh

² Formes d'energia diferents de l'elèctrica.

FONT: Elaboració pròpia a partir d'ICAEN (2020).

De la taula 1 cal fer notar que els combustibles (com a carburants i per a produir energia tèrmica) tenen un pes molt més elevat (77,1%) que l'energia elèctrica, per la qual cosa cal enfocar el desenvolupament de les energies renovables cap a formes d'energia que afavoreixin els usos tèrmics (hidrogen, biogàs, biometà, biomassa forestal o vegetal, gasificació tèrmica, etc.) i com a carburants de vehicles pesants.

La necessitat creixent de superfície per a la implantació d'horts solars pot tenir efecte sobre el preu del sòl, com l'ha tingut la pressió per a augmentar el sòl urbanitzable, que ha comportat la pèrdua de sòl agrícola (Pomar *et al.*, 2018). Caldria una planificació i un pacte de futur que preservin els millors sòls agrícoles del país.

Un indicador global de sostenibilitat és la petjada ecològica, la qual estima la superfície mínima necessària per a subministrar la matèria i l'energia bàsica requerides per a una població i un estil de vida determinats en un moment o període concrets. Per a Catalunya, aquesta superfície es va estimar en 3,92 ha/hab., segons dades disponibles l'any 2002 (Mayor *et al.*, 2005), de les quals 2,03 ha/hab. corresponien a la producció d'aliments. La petjada ecològica per a la població de Catalunya de 2002 (6,5 milions d'habitants) requereix una superfície 7,9 vegades la de Catalunya, amb un 51,8% destinat a la producció d'aliments, o sigui quatre vegades la superfície de Catalunya. L'increment de la població (7,6 Mhab. l'any 2019), o tenir en consideració els nous hàbits de consum o la protecció de la biodiversitat i els espais naturals, faria augmentar el valor de la petjada ecològica.

Castañé i Antón (2017) van concloure que, des del punt de vista d'impacte ambiental, era més preferible la dieta vegana, amb 13 kg CO_{2eq}/hab./setmana, que la dieta mediterrània, amb 20 kg CO_{2eq}/hab./setmana. Des del punt de vista nutricional, van suggerir una combinació de les dues dietes per a reduir la fracció de productes d'origen animal de la dieta mediterrània. Fent una comparació amb altres estudis, van comprovar que els hàbits alimentaris actuals a Espanya s'allunyen de la dieta mediterrània i ocasionen emissions superiors de GEH. Una emissió més gran de CO_{2eq} implica més requeriment de superfície forestal per a absorbir-lo en l'estimació de la petjada ecològica.

Amb dades actualitzades, la Global Footprint Network (GFN, 2015) va avaluar una petjada ecològica per a la ciutat de Barcelona de 4,52 ha/hab., de la qual de l'ordre del 30% corresponia al subministrament d'aliments (1,35 ha/hab., amb un valor mitjà per a Espanya d'1,2 ha/hab.), valor inferior a l'estimat per Mayor *et al.* (2005). En general, als països i les ciutats de l'arc mediterrani estudiats per la GFN (2015), l'alimentació té un pes important en el càlcul de la petjada, degut a l'escassetat de l'aigua, a productivitats agrícoles baixes, a la dependència creixent cap a aliments importats i a la tendència a hàbits alimentaris que s'allunyen de la dieta mediterrània. La GFN (2015) suggereix millorar la productivitat agrícola, reduir i aprofitar els

X. Flotats-Ripoll, C. Riba-Romeva

residus dels aliments i promocionar una dieta alimentària menys intensiva en proteïna d'origen animal.

L'índex de desenvolupament humà (HDI, de l'anglès *human development index*) va ser ideat per les Nacions Unides per a focalitzar que són les persones l'objectiu últim per a avaluar el desenvolupament d'un país, i no tan sols el creixement econòmic (UNDP, 2020). L'índex combina paràmetres que agrupen la dimensió de vida llarga i saludable, que incorpora l'efecte d'una dieta saludable, l'adquisició de coneixement i el gaudi d'un nivell de vida digne. L'índex global de la felicitat (HPI, de l'anglès *human happiness index*) pren alguns paràmetres de l'HDI i els divideix per la petjada ecològica, de manera que com més alta sigui aquesta petjada, més baix és l'HPI.

Un altre indicador de sostenibilitat és el balanç de N, un nutrient essencial la ingesta del qual es fa principalment a través de les proteïnes. Excepte en etapes de creixement, infància i adolescència, en una persona adulta, amb un pes corporal estable, en essència, el N absorbit s'empra per a reemplaçar la pèrdua de N dels teixits, de manera que el balanç corporal donaria que tot el N ingerit és igual al N excretat en diferents formes (sòlida, líquida o gasosa). En un estudi sobre el fluxos de N en l'àmbit domèstic a Àustria, Pierera *et al.* (2015) van avaluar que el N entrat com a aliment a una llar mitjana sortia: un 19,1% a través de la fracció orgànica dels residus, un 80,6% a través de les aigües residuals i la resta (0,3%) a través de la respiració. Una anàlisi prèvia a Catalunya duta a terme per Bartrolí (2003) va concloure que un 74,8% del N de les proteïnes dels aliments sortia a través de les aigües residuals. El balanç de N realitzat sobre el sistema agrícola català, amb dades del període 1996-1998, va determinar que de les entrades mitjançant fertilitzants, fems i altres, de 216 kt N/any, un 31,5% sortien en forma de productes agrícoles i farratges, i la resta es perdia com a emissions a les aigües i l'atmosfera; i del balanç sobre el sistema ramader, les 197 kt N/any entrades en forma de pinsos i farratges, un 25,4% sortien en forma de productes carnis, mentre que la resta sortia en forma de fems i d'emissions atmosfèriques (Bartrolí *et al.*, 2005). Igual que l'energia, el N de les proteïnes no desapareix, tan sols es transforma amb l'ús alimentari i finalment s'allibera i genera problemes ambientals greus si no es controla.

Un balanç semblant es pot fer amb el flux de P contingut en els aliments, el qual també es troba en els residus orgànics i les aigües residuals (Fernández-Mena *et al.*, 2016). Tant el N com el P són recursos estratègics (el primer fortament dependent de l'energia i el segon, de minerals fosfatats molt concentrats i escassos a escala planetària), i alhora són essencials com a factors de producció de la cadena alimentària i com a elements nutricionals.

Tots els índexs i indicadors anteriors, en els quals l'energia i l'alimentació tenen un efecte important, haurien de formar part de les eines de presa de decisions orientades al desenvolupament del país.

4. EL MALBARATAMENT ALIMENTARI

El terme *malbaratament* indica la pèrdua o el desaprofitament d'aliments que passen a convertir-se en residus alimentaris. A la UE, aquesta pèrdua es va avaluar per a l'any 2014 en uns cent milions de tones, dels quals la proporció més elevada provenia dels àmbits domèstic i de la restauració, un residu predominantment evitable, seguida del processament, un residu constituït principalment per aliments no comestibles per circumstàncies diverses (Monforti-Ferrario i Pinedo Pascua, 2015). Díaz-Ruiz i López-Gelats (2017) van identificar causes d'aquest malbaratament per fonamentar polítiques de prevenció.

L'Agència de Residus de Catalunya (ARC, 2012), amb dades de 2010, va avaluar el malbaratament en les etapes de distribució i consum, entès com aquells aliments comestibles que no són consumits, i no considerava malbaratament les parts dels aliments que habitualment es descarten (peles i pells, marro del cafè, pinyols, ossos, etc.). Els resultats indiquen que, del total de disponibilitats alimentàries sòlides que s'adquireixen al detall a Catalunya, el 7% es malbarata (34,9 kg/hab./any), del qual el 58% prové de les llars, el 16% de supermercats, el 12% de bars i restaurants, el 9% del comerç al detall, el 4% de servei d'àpats i de restauració de col·lectivitats, i l'1% de mercats municipals. El total estimat és de 0,26 milions de tones anuals d'aliments malbaratats.

Pomar *et al.* (2018) consideren que el malbaratament a Catalunya presenta un valor més elevat que l'estimat per l'ARC (2012), i que pot superar els quatre milions de tones anuals si es tenen en compte les pèrdues de les collites i les etapes de producció i processament. Fan notar, també, la gran imprecisió del concepte i de les dades de base per a fer les estimacions. En tot cas, ja siguin pèrdues o malbaratament, al llarg de la cadena alimentària, representen pèrdues d'energia destinada a la cadena alimentària (taula 1), que s'estimen en un 42% de l'energia final usada en el proveïment alimentari dels cinquanta països del món amb rendes més altes (Riba-Romeva i Flotats-Ripoll, 2019); suposen, també, una pèrdua de l'energia fixada mitjançant fotosíntesi en els aliments, la dissipació de la qual cal controlar per a evitar emissions de GEH.

5. ELS EFECTES DE LA DIETA ALIMENTÀRIA

L'informe del Grup Intergovernamental d'Experts sobre el Canvi Climàtic (IPCC, de l'anglès *Intergovernmental Panel on Climate Change*) (IPCC, 2019), d'acord amb simulacions numèriques, apuntava que les dietes equilibrades basades en aliments d'origen vegetal i d'origen animal produïts de manera sostenible en sistemes que generen poques emissions de GEH pre-

senten més oportunitats d'adaptació al canvi climàtic i de mitigació dels seus efectes, sense, tanmateix, fer cap proposta concreta sobre la dieta ideal.

Diversos estudis indiquen que per a reduir el consum d'energia i les emissions de GEH de l'ordre del 50% al llarg de la cadena alimentària calen dietes en què, prenent com a referència la dieta mitjana als Estats Units (EUA) (Pimentel *et al.*, 2008) o a la UE (Poux i Aubert, 2018), es redueixi de l'ordre del 40-50% el consum de proteïna d'origen animal. Aquests tipus d'estudis assenyalen tendències que cal promocionar, però no entren en el detall sobre la dieta saludable.

Havent definit una dieta amb un nivell de proteïna animal inferior, Tuson (2014) va estimar que l'autosuficiència alimentària de la població de Catalunya era possible amb una superfície de conreus de 857.250 ha, tan sols un 2,8% més que l'actual a Catalunya, adoptant hipòtesis de productivitat conservadores. Aquests estudis s'haurien de complementar amb l'anàlisi del risc per una meteorologia adversa i la necessitat d'acumular estocs per a compensar les variacions estacionals de la producció i del consum. Equilibrar la producció interna amb les importacions i exportacions contribueix a assegurar els subministraments, però cal una planificació per a assegurar la màxima aportació de productes de proximitat.

En un estudi sobre l'estat nutricional de la població catalana i les tendències de consum, Serra *et al.* (2005) van observar que el 2003 la mitjana catalana d'ingesta diària d'energia era de 1.981 kcal, amb un contingut mitjà del 19,2% de proteïnes, 40,2% de lípids i 38,3% d'hidrats de carboni. En comparar els períodes 1992-1993 i 2002-2003, observen que s'ha reduït el consum de carn, entre altres aspectes positius, i que, per contra, s'ha reduït el consum de peix, fruites i hortalisses, i recomanen que la política nutricional per a la població catalana hauria de promocionar la dieta mediterrània tradicional i fomentar el consum de fruita i hortalisses com a punts prioritaris.

Aquests estudis s'haurien de repetir de manera periòdica com a base per a definir polítiques que promocionin dietes saludables. També fan notar que actuar tan sols sobre la dieta no necessàriament es produirà una reducció del consum d'energia i d'emissions de GEH si els esquemes productius es mouen en un entorn global menat pel comerç exterior.

6. LES POLÍTIQUES GOVERNAMENTALS

La problemàtica descrita té una complexitat tan gran que requereix planificació, visió de futur i polítiques de promoció d'un model sostenible segons els principis de l'agroecologia (FAO, 2018) i que tinguin en compte el sistema en la seva amplitud.

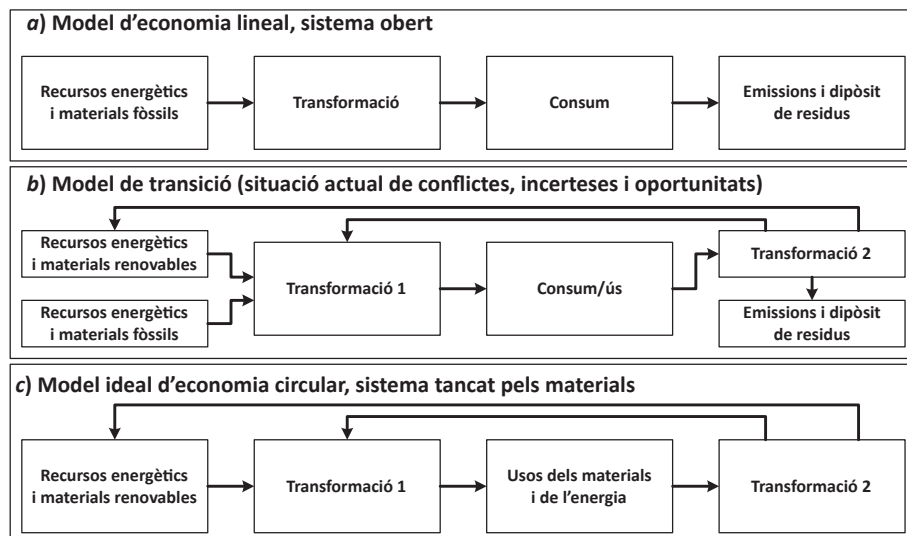
Els balanços de N i P, descrits anteriorment, mostren que els materials no desapareixen un cop consumits, simplement són utilitzats i es converteixen

xen en residus. Segons el model d'economia lineal (figura 8a), les matèries primeres i l'energia es transformen en béns que, un cop utilitzats, es converteixen en emissions (a l'atmosfera o a altres medis receptors) i en residus, que s'aniran acumulant.

Tot i que l'augment de GEH va començar a provocar tocs d'alerta abans dels anys setanta, des de la publicació de l'informe del Club de Roma sobre els límits del creixement (Meadows *et al.*, 1992) s'han anat succeint estudis, acords i programes d'acció elaborats per part d'organismes internacionals per a fer front als problemes del creixement en un món finit, que afecten totes les dimensions de la vida.

El 2015, l'ONU va aprovar l'Agenda 2030 sobre el desenvolupament sostenible (ONU, 2019). L'Agenda planteja 17 objectius de desenvolupament sostenible (ODS), amb 169 fites de caràcter integral i indivisible que comprenen les esferes econòmica, social i ambiental, destinats a regir els programes mundials de desenvolupament fins a l'any 2030. Tots els objectius estan relacionats, entrelaçats i són solidaris amb els acords de París de 2015 sobre reducció d'emissions de GEH. Una de les fites dels ODS (ONU, 2019) és aconseguir reduir a la meitat el malbaratament i els residus alimentaris l'any 2030, la qual cosa permetria reduir les emissions dels GEH provinents del processament, la distribució i del consum d'aliments un 7,8% (Read *et al.*, 2020).

FIGURA 8. *Models d'economia lineal (a), d'economia circular (c) i model de transició d'una a l'altra (b).*



FONT: Elaboració pròpia.

En paral·lel als programes i accions aprovats a les conferències de l'ONU, la UE va començar a dissenyar el 2014 l'estratègia de desenvolupament d'una economia circular, un paquet de mesures per a transformar l'economia europea en un nou model econòmic basat en el concepte *desenvolupament sostenible*. L'economia circular és un concepte econòmic lligat amb la sostenibilitat, l'objectiu del qual és que el valor dels productes, els materials i els recursos (entre els quals, l'aigua i l'energia) es mantingui en l'economia durant el màxim temps possible i que la generació de residus tendeixi al mínim, o a zero. En el model ideal d'economia circular (figura 8c), l'energia és d'origen renovable, ja sigui solar fotovoltaic o eòlic, o ja sigui resultat de la transformació i valoració de materials renovables, tots aquells produïts amb energia solar (figura 1).

El pla d'acció per a l'economia circular de la UE (EC, 2020) anuncia iniciatives al llarg de tot el cicle de vida dels productes, dirigides, per exemple, a un disseny que promou processos circulars o al foment d'un consum sostenible. Introdueix mesures legislatives i no legislatives destinades a àmbits en què l'acció aporta un valor afegit real. Aquest pla és una pedra angular del Pacte Verd Europeu, l'European Green Deal (EC, 2019), pel qual Europa es proposa evolucionar cap a una economia neta i circular, neutra en emissions de GEH i que restauri la biodiversitat. Dins d'aquest pacte hi ha accions dirigides a optimitzar la cadena i la seguretat alimentàries.

Passar d'una economia lineal a una de circular implica una transició (figura 8b) durant la qual conviuen les noves tendències amb les pràctiques antigues, amb paradoxes i amb incerteses, com ara impulsar una política de minimització de la producció de residus i alhora programar-ne el màxim aprofitament energètic. Per aquest motiu, és important definir objectius a curt, a mitjà i a llarg termini, i metodologia per a la revisió periòdica dels avenços.

La importància de les polítiques governamentals queda palesa en l'estudi d'Edwards *et al.* (2015), els quals comparen les polítiques de diversos països que han tingut la capacitat de promocionar la implantació de sistemes de producció de biogàs. L'estudi conclou que aquestes han estat polítiques integrades, coordinades i simultànies en els àmbits de: *a*) la lluita contra el canvi climàtic, *b*) l'autosuficiència energètica, *c*) la gestió dels residus i *d*) el desenvolupament regional o rural. Aquest darrer és una pedra angular de la política francesa de promoció dels gasos renovables (ADEME, 2018), a fi de crear activitat econòmica en el medi rural i evitar la fugida cap a les grans ciutats. La manca d'aquestes polítiques a Espanya fins al present explica la baixa recuperació energètica dels residus biodegradables: 56,5 ktep a Catalunya l'any 2017, i 230,8 ktep al conjunt de l'Estat l'any 2016, mentre que a Europa va ser de 16.100 ktep el 2016 (Flotats, 2018).

Com un exemple més, per a controlar i reduir el flux de N, el qual afecta tant el consum d'energia com l'eficiència de la fertilització, Dinamarca ha fixat una reducció d'emissions a les aigües (superficials i subterrànies)

de 6.000 t de N en el període 2016-2021. Per a aconseguir-ho, exigeixen una eficiència mínima de la fertilització del 75% amb purins de porc i del 70% per fems de boví (Foged, 2019). Aquesta mesura pretén reduir la importació de fertilitzants nitrogenats sintètics, intensius en energia d'origen fòssil, i optimitzar l'aprofitament de les dejeccions. Indirectament, promou la implantació de tecnologies que milloren les qualitats fertilitzants dels purins, com la digestió anaeròbia i l'acidificació, les quals afavoreixen també la producció d'energia renovable i la reducció de les emissions de GEH i d'amoniac (Foged *et al.*, 2012).

7. L'APROFITAMENT DELS EFLUENTS RESIDUALS

Tots els materials que componen els efluents residuals de la cadena alimentària (figura 1) contenen, amb diferent grau de dilució, una part dels macronutrients, micronutrients i energia assimilats durant el procés de formació mitjançant l'energia solar de la biomassa primària, transformada de diferent manera al llarg de la cadena alimentària fins a arribar al consum final.

L'energia continguda en la fracció metabolitzada dels aliments s'utilitza, en part, per a fer un treball (totes les activitats de l'organisme), i la resta es dissipa en forma de calor corporal. Els materials no metabolitzats, o el resultat de reaccions metabòliques i de reposició cel·lular, formen part de les excretes (suor, orina i excrements, en termes generals), que majoritàriament van a les aigües residuals, amb un contingut energètic corresponent aproximadament a l'energia no utilitzada. Un indicador d'aquest contingut energètic és la demanda química d'oxigen (DQO), mesura de l'oxigen necessari per a oxidar el carboni orgànic a CO₂, equivalent aproximadament a 14 MJ/kg DQO (Flotats i Campos, 2005). En els processos de depuració biològica aeròbia de les aigües residuals, aquesta energia és utilitzada, en un 60% aproximadament, pels microorganismes per a créixer (fangs biològics residuals del procés de depuració) i la resta es dissipa en forma de calor, mentre que si el mètode de depuració biològica és anaeròbia, els bacteris n'utilitzen una petita part per a créixer (menys producció de fangs) i la resta s'alliberen en forma de metà (CH₄), utilitzable per a substituir demandes d'energia fòssil. Els sistemes de depuració o tractament anaerobi dels efluents residuals de la cadena alimentària tenen un baix nivell d'implantació a Catalunya. Hi ha multitud de variants tecnològiques del procés anaerobi, adaptables a cada circumstància, i totes són productores netes d'energia renovable, contribueixen a la reducció de GEH i, en la majoria de casos, representen una font econòmica d'ingressos (Feliu i Flotats, 2019). En el cas de la fracció orgànica dels residus municipals, els relatius als aliments, la variable més important per a l'èxit d'aquest sistema és la implicació ciutadana en la separació domiciliària dels residus (Flotats *et al.*, 2011).

La mineralització dels efluent que té lloc durant la digestió anaeròbia, procés que és conservatiu per als nutrients, millora les seves propietats com a fertilitzants i afavoreix l'aplicació de tecnologies de recuperació dels nutrients en formes concentrades o d'obtenció de productes d'interès per a la indústria química dels biopolímers (Flotats, 2019a). En definitiva, és una tecnologia que permet acoblar la producció de residus orgànics generats al llarg de la cadena alimentària a una biorefineria per a aconseguir-ne el màxim aprofitament, material i energètic.

El N i el P continguts en els aliments i trobats finalment en els efluent residuals de la cadena alimentària fan notar la necessitat d'un canvi de nomenclatura, de visió i d'objectius dels sistemes de tractament de residus orgànics i d'aigües residuals. En un context d'economia circular, aquests efluent són recursos que cal processar per a produir nous productes útils. Mentre que el concepte *tractament de residus* de l'economia tradicional fa referència a mètodes per a reduir els impactes ambientals, *processar* implica adoptar els mètodes tecnològics i de gestió de l'economia circular per a produir nous béns i serveis (figura 8c).

En un estudi sobre l'aplicabilitat de la digestió anaeròbia a la ramaderia de Catalunya amb dades de 1981, es va observar que la limitació principal per a assegurar-ne la rendibilitat econòmica era la mida de les granges (Flotats *et al.*, 2016). En augmentar la mida mitjana de les granges (figura 5), baixen els costos unitaris de processar les dejeccions i es fa possible la implantació exitosa de l'autosuficiència energètica sense necessitat de subvencions. És el cas d'una granja porcina, descrita per Flotats (2019c), de 4.000 mares autosuficient energèticament, amb una producció i un ús de 473 MWh/any d'energia elèctrica i 1.600 MWh/any d'energia tèrmica. L'aplicabilitat d'aquestes tecnologies depèn molt de l'escala (Feliu i Flotats, 2019), de manera que, paradoxalment, l'augment de la mida de les explotacions ramaderes permet l'adopció més assequible de tecnologies de protecció ambiental. Les granges petites es poden beneficiar de l'economia d'escala mitjançant la gestió col·lectiva (Flotats, 2019b), situació en què els aspectes socials de cooperació passen a ser els determinants del projecte (Flotats *et al.*, 2009). També en aquesta situació, l'objectiu prioritari sovint ha de ser l'exportació de l'excedent de nutrients, com en el cas de la cooperativa Cooperl a França (Flotats, 2019c).

8. ACCIONS PER A OPTIMITZAR L'ÚS DE L'ENERGIA

Monforti-Ferrario i Pinedo Pascua (2015) proposen accions classificades pels rams d'activitat i prioritzades segons el pes de cada un en el consum energètic de la cadena alimentària, i les associen a polítiques, directives, reglaments o altres documents aprovats o en preparació a la UE. La figura 9 dona, per a cada etapa de la cadena, el percentatge estimat per aquests au-

tors de l'energia primària consumida i de les emissions de GEH dels disset productes alimentaris majoritaris continguts en la cistella de la compra de la UE-27 de l'any 2013. Com a resultat, van obtenir que el consum d'energia primària del sistema alimentari de la UE va ser de 6.542 kWh/hab./any i les emissions de GEH de 2.965 kg CO_{2eq}/hab./any, valors que podrien ser superiors si s'haguessin considerat els productes minoritaris que componen la cistella representativa de la UE-27. A continuació, s'exposa un resum no exhaustiu, per rams d'activitat, de les accions proposades dirigides a optimitzar l'ús de l'energia, adoptar fonts renovables i reduir les emissions de GEH.

Producció primària: aplicar les millors tecnologies a l'abast en l'ús de fertilitzants i pesticides, adoptar tècniques d'agricultura de precisió, minimitzar l'ús de fertilitzants minerals, produir amoníac a partir de fonts renovables, emprar biocombustibles de producció local, adoptar sistemes de reg eficients, millorar l'eficiència de les dietes del bestiar, recuperar l'energia dels fems a través de la producció de biogàs i promocionar l'autoconsum, millorar el disseny de les granges per a incrementar l'eficiència energètica i reduir emissions atmosfèriques, usar l'energia solar i geotèrmica en hivernacles i edificis, usar tècniques de detecció remota de bancs de pesca i millorar l'eficiència energètica de la maquinària de les flotes pesqueres.

Indústria alimentària: adoptar equipaments de baix consum i d'alta eficiència energètica, emprar sistemes de mesura capdavanters i optimitzar el control dels processos, fer ús de l'energia solar per als processos que requereixin calor i aplicar mètodes de cogeneració elèctrica i tèrmica.

Logística i transport dels subministraments i productes finals: prioritzar la producció local i el consum de proximitat, optimitzar la logística de transport i aplicar tècniques eficients energèticament en el transport refrigerat i en els distribuïdors locals.

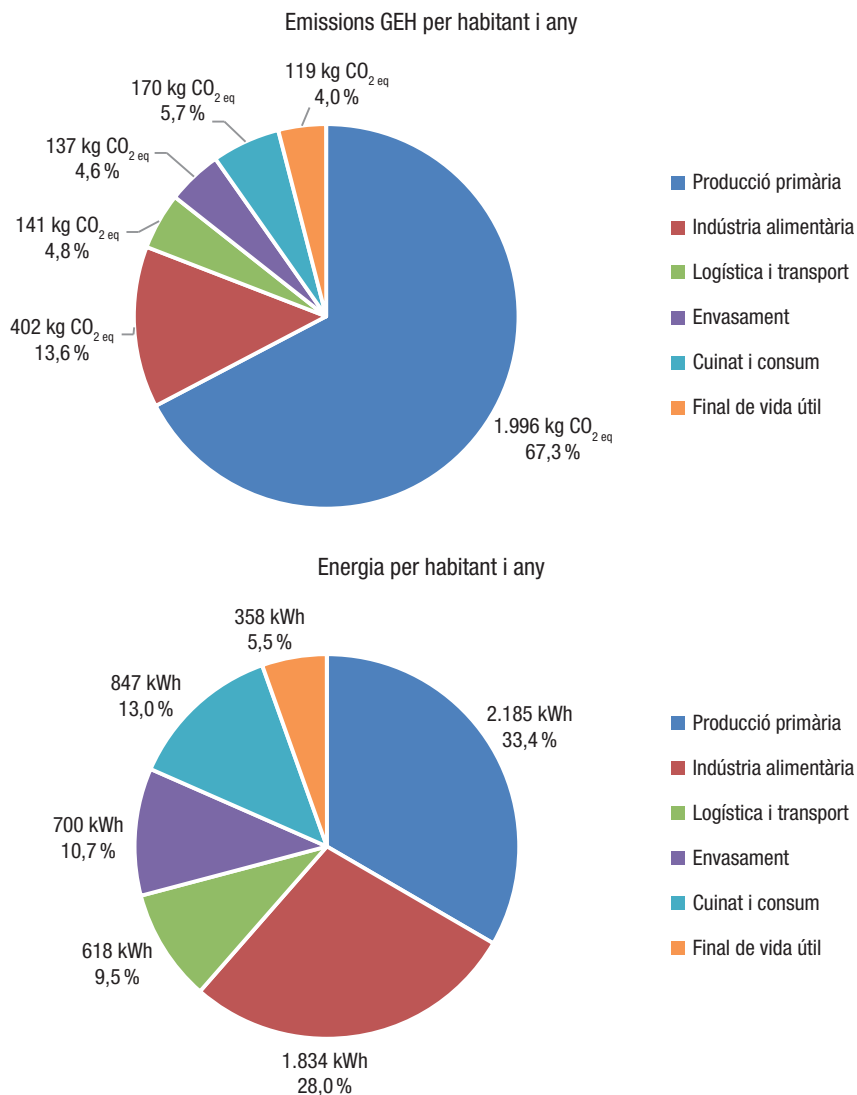
Envasament: implementar sistemes intel·ligents d'envasament, adoptar sistemes apropiats per a minimitzar els residus i optimitzar la logística de transport.

Cuinat, conservació domèstica i consum final: promoure l'educació de la població en mètodes de conservació i cuinat que estalviïn energia i adoptar electrodomèstics de refrigeració, congelació i de cuinat amb etiqueta d'elevada eficiència energètica.

Final de vida útil (end of life) de recollida i tractament dels residus (envasos inclosos): separar en origen i fer recollida selectiva, recuperar l'energia i promocionar polítiques per a evitar el malbaratament alimentari. Si bé el malbaratament d'aliments es produeix a cada etapa de la cadena alimentària, i reduir-ne la producció milloraria l'eficiència del sistema alimentari, el volum generat també incideix en els costos energètics de la seva gestió com a residus.

Gestió dels efluentes residuals (com ja s'ha mencionat, la UE el 2014 va generar uns cent milions de tones de residus alimentaris): minimitzar-ne la

FIGURA 9. Distribució del consum d'energia primària i de les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle, per habitant i any, en les etapes indicades de la cadena alimentària



FONT: Elaboració pròpia a partir de Monforti-Ferrario i Pinedo Pascua (2015).

producció i adoptar tècniques per a l'aprofitament integral dels residus orgànics (energia i materials).

La metodologia utilitzada per Monforti-Ferrario i Pinedo Pascua (2015) per a estimar la distribució dels consums d'energia, basada en l'energia consumida per cada producte de la cistella de la compra al llarg del seu cicle de vida fins al moment de la ingesta, no permet estimar l'energia consumida per a la gestió dels efluent residuals.

9. CONCLUSIONS

La complexitat del sistema alimentari, condicionat pel creixement i la concentració de la població, obliga a una revisió de conjunt a fi de fer front a la transició energètica, des de la producció primària fins al reciclatge dels efluent residuals.

La distribució de la població dibuixa un esquema caracteritzat per una especialització del territori, en el qual s'identifiquen grans àrees productores i àrees consumidores d'aliments, on es concentra la població, dins d'un mercat global que promou l'especialització i els intercanvis comercials internacionals.

Els indicadors de sostenibilitat indiquen la necessitat de minimitzar el malbaratament alimentari, d'adoptar dietes equilibrades, i saludables i amb menys contingut de proteïna d'origen animal, potenciar un sector agrari propi i el consum de *productes de proximitat*, concepte que presenta dificultats d'aplicació en el context descrit.

Dins d'aquesta complexitat, i en un mercat global, són importants les accions i els comportaments individuals, però encara ho són més una visió de conjunt i uns objectius comuns que tan sols poden oferir organismes representatius a escala internacional. La UE, on Catalunya està immersa, ha apostat per adoptar un procés de transició cap al model de l'economia circular, que inclou també la transició energètica i preveu totes les etapes de la cadena alimentària. Aquesta transició està plena d'incerteses, raó per la qual cal una planificació amb objectius de consens a curt, a mitjà i a llarg termini, i mètodes de revisió i de replantejament periòdics segons l'avaluació dels indicadors escollits. Aquests indicadors hauran d'estar basats en el desenvolupament humà i no tan sols en el creixement econòmic. A part de l'adopció de les polítiques internacionals esmentades, a Catalunya cal una planificació específica per a maximitzar el consum de proximitat, valorar el treball agrari i preservar els millors sòls agrícoles, entre d'altres.

En aquest context, la implicació ciutadana també és bàsica, des de saber escollir els productes alimentaris apropiats fins a una bona segregació dels residus domèstics, per la qual cosa cal insistir en programes d'educació sobre alimentació i en els diferents aspectes de l'economia circular.

BIBLIOGRAFIA

- AGENCE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA MAÎTRISE DE L'ENERGIE (ADEME) (2018). *A 100% renewable gas mix in 2050? Study summary* [en línia]. Angers: ADEME. <<https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/renewable-gas-mix-2050-010521.pdf>> [Consulta: abril 2019].
- AGÈNCIA DE RESIDUS DE CATALUNYA (ARC) (2012). *Propostes per a prevenir i evitar el malbaratament alimentari a Catalunya* [en línia]. Barcelona: Agència de Residus de Catalunya. <http://residus.gencat.cat/web/content/home/lagencia/publicacions/centre_catala_del_reciclatge_ccr/guia_consum_responsable-FINAL.pdf> [Consulta: març 2020].
- ALDOMÀ, J.; VILLAREAL, J.; VIÑAS, L. (1983). *La integració en la ramaderia a Catalunya*. Barcelona: Generalitat de Catalunya. Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca.
- ARISÓ, A. (1982). *La transformació del paisatge terrassenc*. Terrassa: Junta de la Xarxa de Biblioteques Soler i Palet.
- ASOCIACIÓN NACIONAL DE FABRICANTES DE FERTILIZANTES (ANFFE) (2020). *Evolución del consumo de fertilizantes químicos inorgánicos en España por comunidades autónomas* [en línia]. Madrid: Asociación Nacional de Fabricantes de Fertilizantes. <<http://www.anffe.com>> [Consulta: maig 2002, dades fins a 2001; abril 2020, dades a partir de 2013].
- BARTROLÍ, J. (2003). *Avaluació ambiental del cicle del nitrogen a Catalunya: aplicació de l'anàlisi del flux de substàncies*. Tesi doctoral. Girona: Universitat de Girona.
- BARTROLÍ, J.; MARTÍN, M. J.; RIGOLA, M. (2005). «The nitrogen balance for Catalan agriculture soils and livestock sectors». *International Journal of Agricultural Resources Governance and Ecology*, núm. 4 (2), p. 123-132.
- CASTAÑÉ, S.; ANTÓN, A. (2017). «Assessment of the nutritional quality and environmental impact of two food diets: A Mediterranean and a vegan diet». *Journal of Cleaner Production*, núm. 167, p. 929-937.
- DEPARTAMENT D'AGRICULTURA, RAMADERIA, PESCA I ALIMENTACIÓ (DARP) (2014). «Decret 40/2014, de 25 de març, d'ordenació de les explotacions ramaderes». *Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya* [en línia], núm. 6591. <<https://portaldogc.gencat.cat/utillsEADOP/PDF/6591/1346334.pdf>> [Consulta: abril 2020].
- (2020). *Dades bàsiques de l'agricultura, la ramaderia i la pesca a Catalunya* [en línia]. Barcelona: Generalitat de Catalunya. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació. <<http://agricultura.gencat.cat/ca/departament/estadistiques/publicacions/opuscles/dades-basiques-agricultura-ramaderia-pesca/>> [Consulta: abril 2020].
- DÍAZ-RUIZ, R.; LÓPEZ-GELATS, F. (2017). «Anàlisi de les causes del malbaratament alimentari. Estudi a l'àrea metropolitana de Barcelona». *Quaderns Agraris*, núm. 43, p. 7-37.

- EDWARDS, J.; OTHMAN, M.; BURN, S. (2015). «A review of policy drivers and barriers for the use of anaerobic digestion in Europe, the United States and Australia». *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, núm. 52, p. 815-828.
- EUROPEAN COMMISSION (EC) (2019). «The European Green Deal» [en línia]. *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. COM(2019) 640 final. Brussels, 11.12.2019*. <https://ec.europa.eu/info/files/communication-european-green-deal_en> [Consulta: febrer 2020].
- (2020). «A new circular economy action plan, for a cleaner and more competitive Europe» [en línia]. *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. COM(2020) 98 final. Brussels, 11.12.2019*. <<https://ec.europa.eu/environment/circular-economy/>> [Consulta: abril 2020].
- FELIU, A.; FLOTATS, X. (2019). *Los gases renovables: Un vector energético emergente*. Publicaciones de la Fundación Naturgy. También disponible en línea a: <<https://www.fundacionnaturgy.org/publicacion/los-gases-renovables-un-vector-energetico-emergente/>> [Consulta: juny 2020].
- FERNÁNDEZ-MENA, H.; NESME, T.; PELLERIN, S. (2016). «Towards an agro-industrial ecology: A review of nutrient flow modelling and assessment tools in agro-food systems at the local scale». *Science of the Total Environment*, núm. 543, p. 467-479.
- FLOTATS, X. (2018). «El biogás. Actualidad y perspectiva de un gas renovable» [en línia]. Madrid: Publicaciones de la Fundación Naturgy. <<https://www.fundacionnaturgy.org/ca/publicacion/article-el-biogas-actualitat-i-perspectives-dun-gas-renovable/>> [Consulta: gener 2019].
- (2019a). «Biogas: Perspectives of an old technology». A: BASTIDAS-OYANEDEL, J. R.; SCHMIDT, J. E. *Biorefinery – Integrated Sustainable Processes for Biomass Conversion to Biomaterials, Biofuels, and Fertilizers*. Zurich: Springer International Publishing AG, p. 313-349.
- (2019b). «Gestión y tratamiento de purines I. Sistematizar la toma de decisiones: de residuo a recurso». *SUIS*, núm. 156, p. 34-42.
- (2019c). «Gestión y tratamiento de purines III. Análisis de casos: del problema a la oportunidad». *SUIS*, núm. 158, p. 32-41.
- FLOTATS, X.; BONMATÍ, A.; FERNÁNDEZ, B.; MAGRÍ, A. (2009). «Manure treatment technologies: On-farm versus centralized strategies. NE Spain as case study». *Bioresource Technology*, núm. 100, p. 5519-5526.
- FLOTATS, X.; BONMATÍ, A.; FERNÁNDEZ, B.; SALES, D.; AYMERICH, E.; IRIZAR, J.; PALATSI, J.; ROMERO, L. I.; PÉREZ, M.; VICENT, T.; FONT, X. (2016). *Ingeniería y aspectos técnicos de la digestión anaeróbica*. Madrid: Red Española de Compostaje: Mundi-Prensa.

X. Flotats-Ripoll, C. Riba-Romeva

- FLOTATS, X.; BURGOS, E.; TEY, L.; FRESNO, J. (2011). «La implicación ciudadana como factor clave para el éxito de los procesos de digestión anaerobia». *Infoenviro*, núm. 62, p. 39-43.
- FLOTATS, X.; CAMPOS, E. (2005). «Procesos biológicos: digestión anaerobia y compostaje». A: ELIAS, X. *Tratamiento y valorización energética de residuos*. Barcelona: Díaz de Santos, p. 617-686.
- FOGED, H. L. (2019). «Note about Danish policies on agricultural biogas production and status for their implementation». *SuMaNu Platform* [en línea] (deseembre). <https://www.organe.dk/docs/Danish_agricultural_biogas_policies_and_status.pdf> [Consulta: abril 2020].
- FOGED, H. L.; FLOTATS, X.; BONMATÍ, A.; SCHELDE, K. M.; PALATSI, J.; MAGRÍ, A.; ZONTA, Z. J. (2012). «Assessment of economic feasibility and environmental performance of manure processing technologies». *Technical Report No. IV concerning «Manure Processing Activities in Europe» to the European Commission, Directorate-General Environment* [en línea]. <<http://hdl.handle.net/2117/18947>> [Consulta: maig 2019].
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO) (2018). *Scaling up agroecology initiative* [en línea]. <<http://www.fao.org/3/I9049EN/i9049en.pdf>> [Consulta: juny 2020].
- GARRIDO, A. (COORD.) (2011). *Indicadores de sostenibilidad de la agricultura y ganadería españolas* [en línea]. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. <http://www.anffe.com/informaci%F3n%20de%20inter%E9s/documentos%20de%20inter%E9s/_indicadores%20de%20sostenibilidad/index.html> [Consulta: abril 2020].
- GLOBAL FOOTPRINT NETWORK (GFN) (2015). *How can Mediterranean societies thrive in an era of decreasing resources?* [en línea]. Oakland: Global Footprint Network: Mediterranean Initiative. <www.footprintnetwork.org/med> [Consulta: març 2020].
- INEbase (2020). *Indicadores Urban Audit para ciudades* [en línea]. Madrid: Instituto Nacional de Estadística. <<https://www.ine.es/jaxiT3/Tabla.htm?t=10849>> [Consulta: març 2020].
- INSTITUT CATALÀ D'ENERGIA (ICAEN) (2020). *Estadístiques energètiques anuals de Catalunya* [en línea]. Barcelona: Institut Català d'Energia. <<http://icaen.gencat.cat/ca/energia/estadistiques/resultats/>> [Consulta: abril 2020].
- INSTITUT D'ESTADÍSTICA DE CATALUNYA (IDESCAT) (1990). *Cens agrari 1989*. Barcelona: Institut d'Estadística de Catalunya. També disponible en línia a: <<https://biblio.idescat.cat/publicacions/Record/10705>> [Consulta: abril 2020].
- (2020). *Institut d'Estadística de Catalunya* [en línea]. <<https://www.idescat.cat>> [Consulta: abril 2020].
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC) (2019). *Climate change and land* [en línea]. <<https://www.ipcc.ch/srccl/>> [Consulta: setembre 2019].

- MAYOR, X.; QUINTANA, V.; BELMONTE, R. (2005). *Aproximació a la petjada ecològica de Catalunya* [en línia]. Barcelona: Consell Assessor per al Desenvolupament Sostenible. <http://cads.gencat.cat/web/.content/Documents/Publicacions/n7_ddr_7_petjada_ecologica.pdf> [Consulta: març 2020].
- MEADOWS, D. H.; MEADOWS, D. L.; RANDERS, J. (1992). *Más allá de los límites del crecimiento*. Mèxic: Fondo de Cultura Económica.
- MONFORTI-FERRARIO, F.; PINEDO PASCUA, I. (2015). «Energy use in the EU food sector: State of play and opportunities for improvement». *JRC Science and Policy Report EUR 27247 EN* [en línia] [Publications Office of the European Union]. <<https://doi.org/10.2790/158316>> [Consulta: febrer 2020].
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS (ONU) (2019). «Objetivos de desarrollo sostenible» [en línia]. Estats Units: ONU. <<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>> [Consulta: setembre 2019].
- ORTIZ, C.; PARERA, J. (2015). «Eines per a una bona aplicació de purins». *Dossier Tècnic* [en línia], núm. 79, p. 22-27. <<https://ruralcat.gencat.cat/documents/20181/75380/Dossier+t%C3%A8cnic+79.pdf>> [Consulta: abril 2020].
- PIERERA, M.; SCHRÖCKA, A.; WINIWARTERB, W. (2015). «Analyzing consumer-related nitrogen flows: a case study on food and material use in Austria». *Resources, Conservation and Recycling*, núm. 101, p. 203-211.
- PIMENTEL, D.; WILLIAMSON, S.; ALEXANDER, C. E.; GONZALEZ-PAGAN, O.; KONTAK, C.; MULKEY, S. E. (2008). «Reducing energy inputs in the US food system». *Human Ecology*, núm. 36, p. 459-471.
- POMAR, A.; DURAN, N.; GAMBOA, G.; BINIMELIS, R.; TENDERO, G. (2018). *Arran de Terra II: Indicadors de sobirania alimentària a Catalunya. Actualització 2018* [en línia]. Barcelona: Arran de Terra. <<http://indicadors.arrandeterra.org/wp-content/uploads/2018/07/ArranDeTerraII.pdf>> [Consulta: març 2020]
- POUX, X.; AUBERT, P. M. (2018). «An agroecological Europe in 2050: Multifunctional agriculture for healthy eating. Findings from the Ten Years For Agroecology (TYFA) modelling exercise». *Study* [París: Iddri-AScA], núm. 09/18.
- READ, Q. D.; BROWN, S.; CUÉLLAR, A. D.; FINN, S. M.; GEPHART, J. A.; MARSTON, L. T.; MEYER, E.; WEITZ, K. A.; MUTH, M. K. (2020). «Assessing the environmental impacts of halving food loss and waste along the food supply chain». *Science of the Total Environment*, núm. 712, 136255.
- RIBA-ROMEVA, C.; FLOTATS-RIPOLL, X. (2019). «Alimentació i energia (I): estat de la qüestió». *Quaderns Agraris*, 47 (desembre), p. 7-43.
- RURALCAT (2019). *Taules d'extraccions dels cultius: Novembre 2019* [en línia]. <<https://ruralcat.gencat.cat/oficina-de-fertilitzacio/taules-dades/extraccions-dels-cultius>> [Consulta: abril 2020].

X. Flotats-Ripoll, C. Riba-Romeva

- SATTERTHWAITE, D.; McGRANAHAN, G.; TACOLI, C. (2010). «Urbanization and its implications for food and farming». *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, núm. 365, p. 2809-2820.
- SERRA, LL.; RIBAS, L.; SALVADOR-CASTELL, G.; SERRA-FARRÓ, J.; CASTELLS, C.; JOVER, LL. [et al.] (2005). «Estat nutricional de la població catalana: tendències del consum d'aliments i nutrients a Catalunya». *Butlletí Epidemiològic de Catalunya* [en línia], núm. 26 (9), p. 113-117. <<http://hdl.handle.net/11351/2850>> [Consulta: abril 2020]
- TUSON, P. (2014). «L'autoproveïment d'aliments a Catalunya. És possible la nostra sobirania alimentària?». *Agro-cultura*, núm. 55, p. 25-28.
- UNITED NATIONS (UN) (2019). «World urbanization prospects: The 2018 revision (ST/ESA/SER.A/420)» [en línia]. Nova York: United Nations. Department of Economic and Social Affairs. Population Division. <<https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-Report.pdf>> [Consulta: març 2020].
- UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME (UNDP) (2020). «Human Development Index (HDI)» [en línia]. A: *Human Development Reports*. <<http://hdr.undp.org/en/content/human-development-index-hdi>> [Consulta: abril 2020].