

L'economia de la carn: creixement insostenible

David Esquiús Espinal
(desquiús@uoc.edu)
01/01/2019

Treball Final de Grau
Àmbit d'especialització: Anàlisi econòmica
Memòria final

Curs 2018-2019, 1r semestre

Índex	
Resum	5
Abstract	5
INTRODUCCIÓ	7
Contextualització del tema de recerca	7
Justificació	8
Importància del tema de recerca.....	8
Motivació personal i criteris per la selecció del tema de recerca.....	8
Estat de l'art sobre l'objecte d'estudi.....	9
Objectiu i abast.....	9
Objectius.....	9
Abast	10
Resultats esperats i nou coneixement	10
1. ECONOMIA I SOSTENIBILITAT	11
1.1 Recursos, medi Ambient i evolució del pensament econòmic.....	11
1.2 Economia sostenible	12
1.3 Els límits al creixement.....	12
2. MARC TEÒRIC	13
2.1 Oferta i demanda. Equilibri general.....	13
2.2 Errors de mercat: Les externalitats negatives.....	14
2.2.1 Concepte d'externalitats	14
2.2.2 Intervencions per mitigar les externalitats negatives	15
3. EL SECTOR DEL BESTIAR I EL CONSUM DE CARN.....	16
3.1 Evolució de les principals magnituds	16
3.1.1 Producció.....	16
3.1.2 Demanda	18
3.2 Externalitats. Impacte econòmic i ambiental.....	19
3.2.1 Presentació d'externalitats	19
3.2.2 Anàlisi Impacte ambiental i càlcul cost ambiental per kg	21
3.2.3 Anàlisi Impacte econòmic i càlcul cost unitari i kg	22
4. SIMULACIÓ: REDUCCIÓ DEL CONSUM DE CARN.....	24
4.1 Metodologia.....	24
4.1.1 Especificació del model.....	25

4.1.2	Regressió lineal múltiple.....	25
4.2	Dades	28
4.3	Resultats.....	28
4.3.1	Ajustament i validació del model per la carn de Boví.....	29
4.3.2	Ajustament i validació del model per la carn de Porc	31
4.3.3	Ajustament i validació del model per la carn d'aus	33
4.4	Projeccions	36
5.	MODELS PER A LA SOSTENIBILITAT DEL SECTOR BESTIAR	39
5.1	L'economia circular.....	39
5.1.1	Economia circular: benvinguts a bord	39
5.1.2	Economia circular: Beneficis ambientals i socio-econòmics	40
5.1.3.	Economia circular aplicada: casos en el sector bestiar	41
5.2	La producció ramadera ecològica	41
5.2.1	Producció ramadera ecològica: Mitigació davant el canvi climàtic i alternativa a la producció intensiva.....	41
5.2.2	Producció ramadera ecològica: Evolució a Europa i Catalunya	42
5.2.3	Producció ramadera ecològica aplicada: projeccions ajustades	43
6.	IMPLICACIONS ÈTIQUES I/O SOCIALS	44
	CONCLUSIONS	45
	Recomanacions de polítiques públiques i d'empresa	46
	VALORACIÓ.....	47
	AUTOAVALUACIÓ.....	47
	REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES	48

L'economia de la carn: creixement insostenible

David Esquiús Espinal (desquiús@uoc.edu)

Grau en Administració i direcció d'empreses. Anàlisi econòmica.

Resum

En aquest treball de final de grau s'analitza el problema de l'economia de la carn i el seu creixement, fent èmfasi en els efectes negatius que se'n deriven de la seva producció i consum -el que es coneix com a externalitats- i les solucions que es poden aplicar per a mitigar el problema.

Com a contextualització, el projecte mostra l'evolució del pensament econòmic en relació a la sostenibilitat en l'ús de recursos i els límits del creixement, per entendre els diferents debats que s'han anat produint des dels enfocaments clàssics del segle XVIII fins al naixement de les aproximacions més recents del segle XX com són l'economia ambiental i l'economia ecològica

En el projecte s'analitza l'evolució del sector bestiar i el creixement de la de producció i consum a nivell global, i especialment als països en desenvolupament. Aquest creixement és clarament contradictori amb les externalitats negatives que presenta el sector bestiar i el seu elevat impacte ambiental i econòmic. Es realitzen càlculs d'emissions i costos a nivell de kg de carn.

Es modelitza la demanda de carn en kg per càpita de boví, porc i aus per la zona UE-28 fent ús de la tècnica de la regressió lineal múltiple. Aquesta tècnica permet la predicció aproximada de la variable dependent (consum) a partir d'altres variables explicatives (preu principalment). Es realitza una simulació que mostra els beneficis d'una hipotètica reducció en el consum de carn, al combinar les prediccions de consum en diferents escenaris d'impacte de preus –solució clàssica d'internalització de costos via impostos- amb els costos de les externalitats a nivell ambiental i econòmic prèviament calculats. Els resultats que s'obtenen mostren els efectes positius d'una reducció en el consum de carn a la UE i amb diferents nivells de població estimada fins al 2050.

Finalment, el treball mostra com més enllà de reduir el consum, els models i estratègies com l'economia circular i la producció ramadera ecològica són essencials per mitigar les externalitats negatives, fer la producció més eficient i aconseguir una economia de la carn més sostenible. Els resultats d'una nova simulació permeten observar els beneficis ambientals en reducció de gasos d'efecte hivernacle quan es combina les solucions d'economia clàssica com les taxes per reduir la demanda de carn amb aquests nous models i estratègies ecològiques.

Paraules clau: Externalitats negatives, creixement, sostenibilitat, demanda de carn, regressió lineal múltiple, internalització de costos, economia circular, producció ramadera ecològica

Abstract

In this bachelor's degree final project the problem of the meat's economy and its growth is analyzed, emphasizing the negative effects derived from its production and consumption –also known as externalities- and the solutions that can be applied in order to mitigate the problem.

To contextualize, the project shows the evolution of the economic thought in relation to the sustainability in the use of resources and the limits to growth, in order to understand the different debates that have taken place from the classical approaches from 19th century to the birth of the most recent approaches in 20th century like the environmental economics or ecological economics.

In this project the evolution of the livestock sector and the growth in production and consumption at global level is analyzed. This growth is clearly contradictory with the negative externalities present in livestock sector and its high environmental and economic impact. Calculations of emissions and costs are carried out at kg of meat level.

Meat's demand in Kg per capita of beef, pig and poultry for UE-28 region is modelled by using the multiple linear regression technique. This technique allows the approximate prediction of the dependent variable (consumption) from other explanatory variables (price mainly). A simulation

showing the benefits of a hypothetical meat's demand decrease is performed, when combining the consumption predictions in different scenarios of price impact –classic solution for costs internalization by tax- with the costs of the externalities at environmental and economic level previously calculated. The results obtained shows the positive effect of meat's demand decrease in the EU with different levels of population estimated up to 2050.

Finally, the project shows that beyond consumption's reduction, models and strategies like the circular economy and the ecological livestock production are essential in mitigating the negative externalities, making more efficient the production and achieving a more sustainable meat's economy. The results of a new simulation shows the environmental benefits of greenhouse gases reduction when combining classical economic solutions like taxes to reduce demand with these new models and ecological strategies.

Keywords: Negative externalities, growth, sustainability, meat's demand, linear multiple regression, internalisation of costs, circular economy, organic livestock production

INTRODUCCIÓ

Contextualització del tema de recerca

Creixement, economia i sostenibilitat són termes que estan relacionats i molt presents en l'actualitat, malgrat no ser un problema nou, i que ja han estat font de debat i preocupació entre els economistes des de fa unes dècades. Els debats als anys '60-70 del segle XX i l'evolució de l'economia ecològica ja van posar de manifest que l'impacte ambiental depenia en part del creixement demogràfic -ja que demanda més recursos- però també de la tecnologia i l'ús de substàncies contaminants que afecten negativament l'ambient.

El creixement econòmic, defensat per economistes tradicionals com la solució a tots els problemes gràcies a les inversions actuals i canvi tecnològic que han de permetre als nostre descendents ser teòricament més rics, justifiquen un consum continu, esgotament de recursos no renovables i més contaminació, assumint que les futures generacions podran fer front fàcilment a aquests problemes. Per tant, aquests menystenen que un medi ambient degradat provoca menys qualitat de vida i que farà empobrir les futures generacions (Martínez-Alier, 2011).

No podem negar que en els últims segles, i des de la revolució industrial, el grau de desenvolupament experimentat ha permès un creixement espectacular tant a nivell econòmic com de població. A nivell global:

- El PIB s'estima que ha crescut de 643,32 mil milions (en \$ internacionals al 2011) al 1700 fins als 108,12 billons al 2015 (Roser *et al.*, s.d.)
- La població ha passat de 603,17 milions de persones al 1700 fins als 7,6 mil milions de persones al 2018. S'estima una població de 9,2 mil milions de persones al 2050. (Roser *et al.*, s.d.)

Però per a poder créixer i produir béns i serveis per al consum, les activitats econòmiques generen molta pressió medi ambiental. Aquestes consumeixen de manera intensiva recursos i emeten gran quantitat d'emissions. I això és un problema per la sostenibilitat.

Les conseqüències que se'n deriven són problemes com el canvi climàtic, l'escalfament global, pèrdua de biodiversitat, acumulació de residus, desforestació, etc. així com intensos debats sobre la viabilitat de mantenir el sistema actual, no sostenible i basat en una producció i consum excessius. L'empremta de les activitats econòmiques en el medi ambient i la sostenibilitat del nostre planeteta és clarament visible quan es mesura el gas d'efecte hivernacle més conegut, el CO₂: De 0,03 mil milions de tones al 1800 fins les 36,18 mil milions de tones al 2015 (Roser. *et al.*, s.d.). Essent els gasos d'efecte hivernacle la causa primària de l'escalfament global, i si tenim en consideració els creixements estimats de població, el primer pensament que tenim és que la relació aparentment antagònica entre creixement i sostenibilitat anirà a pitjor sinó s'apliquen mesures per reduir el consum de recursos naturals, emissions i residus.

El simple fet d'alimentar una població estimada en 9,2 mil milions de persones a l'any 2050 suposa tot un repte econòmic i ambiental. D'acord als estudis publicats per la FAO, s'estima la contribució del sector bestiar en el total d'emissió de gasos d'efecte hivernacle entre un 18% (Steinfeld *et al.*, 2006) i un 14,5% (Gerber *et al.*, 2013). Amb una demanda de carn a l'alça els impactes ecològics i ambientals negatius del sector bestiar són doncs un problema de primera magnitud.

En la teoria econòmica neoclàssica, els impactes negatius a nivell ecològic i de recursos del sector bestiar es coneixen amb el nom d'*errors de mercat*, concretament *externalitats negatives*, que en essència són les que ocorren quan una activitat de consum o producció afecta a tercers que no han pres part en el consum ni en la producció. Quan hi ha externalitats, la producció no contempla tots els costos 'reals', com tampoc ho fan els preus de mercat.

Sense una internalització dels costos reals de producció, les decisions de producció i consum de carn basades en uns preus de mercat que no reflecteixen tots els costos, faran cada cop més difícil l'equilibri entre creixement i sostenibilitat.

En aquest treball, es modelitza la relació de demanda-consum de carn a la zona UE-28 fent ús de la tècnica de regressió lineal múltiple. La regressió, és una tècnica estadística que ens permet predir de forma aproximada els valors d'una variable dependent, com el consum de carn, a partir d'altres variables independents i explicatives, com és el preu.

D'aquesta manera, es pot analitzar l'efecte en el consum de carn quan s'aplica una suposada taxa en el preu en un intent de internalització de costos. En base als costos econòmics i ambientals de les externalitats, es projecten diferents escenaris preus i es quantifica l'efecte de la reducció.

Així mateix, és contextualitza i reflexiona sobre la relació de l'economia i la sostenibilitat, l'evolució del pensament econòmic i els límits al creixement. S'explora les característiques de models que poden ajudar en aconseguir una millor eficiència, i per tant sostenibilitat, en la producció del sector del bestiar, així com la producció ramadera ecològica.

Justificació

Importància del tema de recerca

El canvi climàtic i l'escalfament global provocat per l'emissió continuada dels gasos d'efecte hivernacle és un dels principals reptes als que s'enfronta la humanitat. Els seus efectes els estem notant amb cada cop més freqüència arreu del món en forma d'inundacions, temperatures més altes, huracans i d'altres catàstrofes relacionades. A nivell científic la relació directa entre els gasos d'efecte hivernacle i l'escalfament global estan més que contrastats (NASA, s.d.)

En el cas del tema escollit de la producció de bestiar i el consum de carn, l'activitat econòmica és responsable del 14,5% - 18% dels gasos d'efecte hivernacle i només a la UE representa un valor de 167 mil milions d'euros (Marquer, Rabade i Forti, 2015). Una població global creixent disposa de cada cop més recursos monetaris per a consumir carn, i sense millores tecnològiques significatives per fer l'activitat ramadera més eficient en l'ús de recursos i emissions, el problema del canvi climàtic i la sostenibilitat anirà a pitjor.

És important destacar que, a més del dany ambiental, el consum de carn també és un problema de salut i ja s'han conduït investigacions a gran escala on els resultats conclouen que les persones que consumeixen grans quantitats de carn vermella tenen un risc més alt de mortalitat per causes relacionades amb el càncer i malalties cardiovasculars (Harrison, 2012). Ens trobem doncs davant d'un problema de rellevància econòmica, social i científica.

Com a contrapunt positiu, destacar l'evolució de la producció ramadera ecològica, en que a diferència de la producció industrial, tracta de minimitzar l'impacte en el medi ambient, reduir l'ús de químics –que inclou la medicació en els animals- i vetllar per la protecció del benestar animal. Aquesta s'ha desenvolupat amb força en els últims anys. A l'any 2010 la producció ramadera ecològica significava només un 1% del total de la producció a la UE (European Commission, 2014). Amb dades més actualitzades del 2016 ja hi ha països que mostren un increment de la producció ramadera ecològica significativa, com Àustria, on el 34%, 2,32% i 20,7% de carn de xai, porc i vedella respectivament ja provenen de producció ecològica (Eurostat, 2017a)

En l'economia de mercat, els preus determinen com s'organitza la producció en base al consum (demanda) de béns i serveis. El problema sorgeix quan els preus no recullen tots els costos de producció que es deriven de l'activitat, com en el cas del bestiar, on les elevades emissions ens indiquen l'existència de costos ocults.

Motivació personal i criteris per la selecció del tema de recerca

La meua motivació personal per conduir aquest anàlisi té un origen acadèmic i personal doncs estudiant l'especialitat d'economia dins el grau d'administració i direcció d'empreses vaig començar a plantejar-me els greus problemes que es deriven dels errors de mercat com les externalitats, així com també em preocupa entendre com es pot evolucionar cap una economia més sostenible.

En una economia de mercat com la que tenim, sembla que les decisions de producció i consum ens condueixen al desastre, i al darrera hi tenim els preus i les externalitats. Individualment sembla prou complicat que la gent es resisteixi a consumir allò que es pot permetre i li agrada, així com els productors intentaran maximitzar el seu benefici. D'altra banda, a nivell de la població general, son poc coneguts en el medi ambient d'una producció i consum massiu de carn. Tampoc s'ha de menystenir els problemes de salut que es deriven del consum excessiu de carn vermella que incrementen el risc de mortalitat.

La possibilitat de poder aplicar els coneixements adquirits en econometria en un cas real i en un problema de primera magnitud com és la sostenibilitat, per a poder plantejar prediccions en el consum i estimar-ne l'impacte han estat un criteri essencial d'elecció. Així com també ho ha estat el fet de poder reflexionar sobre la teoria econòmica corresponent, així com plantejar models alternatius més sostenibles.

Estat de l'art sobre l'objecte d'estudi

La preocupació per la sostenibilitat, el consum de carn i l'evolució del sector bestiar és un tema d'actualitat que s'estudia des de la vessant social, econòmica, ambiental i de salut. L'estudi realitzat per (Cohen, 2011) resumeix molt bé aquesta quàdruple vessant en sintetitzar els problemes de població, cultura, economia i medi ambiental. Emfatitza la necessitat d'actuar en una doble aproximació d'internalització de costos via l'increment de preus i millorar la informació pels consumidors de les conseqüències del consum de carn per a generar canvis d'hàbits alimentaris. L'estudi no aprofundeix en anàlisi i projeccions d'una suposada internalització.

L'organització de les nacions unides per a l'agricultura i l'alimentació (FAO) ha centrat els seus estudis en els efectes medi ambientals. Els seus informes (Steinfeld *et al.*, 2006) i (Gerber *et al.*, 2013) són la referència en emissions del sector bestiar així com també ho són les dades que publica a FAOSTAT. Els estudis de la FAO no aprofundeixen en temes econòmics i centra la recerca en evolució de les emissions i millores tècniques que permetrien una reducció d'emissions, arribant a desenvolupar un model propi per mesurar l'impacte d'aquestes millores tècniques: *Global Livestock Environmental Assessment Model (GLEAM)*

Hi ha d'altres estudis conduïts per entitats no institucionals, que han arribat a resumir una valoració de costos d'externalitats a la UE pel que fa a la agricultura intensiva, on s'inclou la ramaderia, amb un total de 168,69 mil milions d'euros per any (Compassion, 2016)

A nivell d'estat de l'art de la qüestió en el món acadèmic, ja existeixen d'altres investigacions i treballs que confirmen el benefici –en quan a reducció de consum- d'aplicar taxes conegudes com pigouvianes, que cerquen corregir una externalitat negativa impactant-ne el preus. És el cas d'aquests exemples a Suècia:

L'estudi de (Sandsborg i Nilsson, 2016) aplica un anàlisi de cost-benefici usant el mètode Monte-Carlo, on confirma els beneficis en salut i ambientals d'una taxa a la carn, malgrat que a nivell econòmic no confirma cap benefici social net positiu ja que la taxa implica pèrdues d'utilitat i reducció de guanys de productor.

L'estudi de (Törneke, 2014) implementa un model de regressió centrat en la mesura de les elasticitats en el consum de vedella quan s'aplica la taxa, i avalua els millors usos dels beneficis de la taxa. Calcula les reduccions en consum per càpita però no aprofundeix en l'impacte ambiental i econòmic.

Objectiu i abast

Objectius

L'objectiu principal és determinar l'estalvi ambiental i econòmic en diferents escenaris de reducció de consum de carn via una internalització de costos que es trasllada a un increment de preu del bé fent ús dels coneixements adquirits en assignatures de l'especialitat d'economia. En essència, respondre a la següent qüestió fonamental:

a.1- Quin estalvi econòmic i ambiental pot suposar una potencial reducció del consum de carn quan s'impacta el preu i s'internalitzen els costos ocults (externalitats)?

A nivell ambiental es vol projectar la reducció en CO₂-equivalent, per així poder alhora calcular el seu valor econòmic d'acord a les estimacions del cost social del carboni, així com també el valor econòmic teòric d'acord a les externalitats negatives identificades del sector bestiar.

Aquesta és la qüestió clau que es vol respondre amb el desenvolupament d'un model de regressió lineal múltiple. Amb la regressió es busca simular l'impacte de diferents escenaris de taxes en el preu i poder calcular els esmentats efectes en impacte ambiental i econòmic.

Les projeccions depenen de la contextualització i quantificació de les externalitats (a nivell ambiental i econòmic). En el seu desenvolupament es dona resposta a les següents qüestions:

- b.1- Quina és l'evolució de les principals magnituds del sector bestiar?
- b.2- Quina ha estat l'evolució del consum de carn al món?
- b.3- Quin impacte a nivell ambiental suposa el bestiar?
- b.4- Quin és el valor econòmic de l'impacte ambiental del bestiar?

Així mateix, en el marc teòric i per tal de permetre un desenvolupament i una contextualització adequada del cas d'estudi, també es dona resposta a les següents qüestions:

- c.1- Què entenem per economia ecològica/ambiental i quina ha estat la seva evolució dins el pensament econòmic?
- c.2- Què són els límits als creixements?
- c.3- Quins models poden ajudar a les empreses del sector bestiar a ser més sostenibles?
- c.4- Quins beneficis pot aportar la producció ramadera ecològica en la reducció de l'impacte ambiental?
- c.5- Quines són les implicacions ètiques i socials per impulsar l'economia sostenible?

Abast

L'estudi quantitatiu es limita a dades de països de la zona UE-28 amb limitació temporal des de l'any 2000 fins a les dates més recents disponibles.

Per tal de determinar els efectes de les taxes a nivell supranacional, les observacions de la variable endògena i regressors com a mostra poblacional usada a poder realitzar la regressió del model econòmic, s'agregaran a nivell anual i zona UE. Així mateix els tipus de carn objecte de l'estudi es limitarà a bestiar boví, porcs i aus.

Resultats esperats i nou coneixement

En l'anàlisi quantitatiu, s'espera que els efectes d'una taxa en els preus i la demanda de carn tinguin una resposta positiva –en quant a reducció–, en la mateixa línia de les investigacions que s'han realitzat en d'altres treballs limitats a països concrets, però en aquest cas a nivell supranacional, i per tal de poder simular i quantificar el valor de les externalitats.

El nou coneixement que es vol aportar amb aquest treball, és el de clarificar els impactes ambientals del consum de carn a nivell zona UE-28, amb les simulacions i resums visuals clars en que s'observi l'efecte en diferents escenaris. Una combinació de les aproximacions dels estudis més ambientals com els de la FAO i els més purament tècnic-econòmics com els conduïts a Suècia, per ajudar a fer visibles els efectes de les externalitats i les dificultats per a poder conciliar activitats econòmiques bàsiques –com aquest cas alimentació– amb un creixement sostenible. Així mateix es vol enriquir amb reflexions teòriques sobre l'evolució del pensament econòmic pel que fa a la sostenibilitat, i models/estratègies que permetin una mitigació dels problemes ambientals més enllà de les taxes.

1. ECONOMIA I SOSTENIBILITAT

1.1 Recursos, medi Ambient i evolució del pensament econòmic

Els recursos i la seva utilització són un element clau per entendre l'economia, ja que si analitzem una de les definicions més senzilles de l'economia: “*Estudi de l'administració correcta dels recursos escassos en els seus diversos usos possibles, per satisfer les necessitats humanes*” (DIEC), podem observar que destaca l'escassetat dels recursos com un element clau en la satisfacció de les necessitats humanes.

Si ens remuntem als orígens de l'economia moderna, Adam Smith –considerat el pare de l'economia moderna- va desenvolupar a l'obra la “Riquesa de les nacions” (Smith, 1776) la línia de pensament econòmic clàssic en que els humans satisfan les seves necessitats amb la interacció en el mercat competitiu mitjançant l'oferta i la demanda de béns i serveis, que actuant en el seu propi interès i gràcies a una ‘Mà invisible’, permet que es produeixin els intercanvis i cooperació necessària per satisfer les necessitats dels individus així com de la societat (contribució al bé comú).

Si bé és cert que hi va haver economistes neoclàssics com Robert Malthus i David Ricardo que es van preocupar pels recursos naturals i estudiar els problemes de creixement poblacional i disponibilitat d'aliments per els rendiments decreixents de la terra, el cert és que en línies generals, en el pensament dels economistes clàssics hi ha un confiança en les forces del mercat, els preus i el principi de no intervenció –*laissez-faire*- com a mecanismes per aconseguir el benestar col·lectiu i individual.

La degradació del medi ambient i l'ús dels recursos naturals finits en les activitats econòmiques d'una manera sostenible, no ha estat considerats pels economistes fins a èpoques més recents. La consciència ecologista avança amb força a partir de la dècada dels '70 del segle XX, i en concret es produeix la publicació del 1er informe ‘Meadows’ al 1971 del club de Roma anomenat “els límits del creixement” i que destacava la inviabilitat d'un creixement permanent de població i de consum davant les limitacions del món físic. Aquesta nova línia de pensament anava clarament en contra del discurs dominant del ‘creixement econòmic’ (Naredo, 2012, pàg. 11)

En la dècada dels'90 del segle XX, es consolida la línia de pensament que podem anomenar economia ambiental (estudi dels problemes ambientals des de la perspectiva analítica i amb les eines de l'economia) i ja es publiquen diversos estudis i manuals d'economia ambiental que ja centren l'estudi de l'assignació microeconòmica de recursos –i els seus problemes ambientals-, en que ja es destaquen les externalitats ambientals i la vinculació amb la microeconomia pública. A nivell macroeconòmic el model IS-LM-EE (Heyes, 2000 citat a Dopico i Iglesias 2010) en que s'introdueixen les restriccions mediambientals a la teoria de l'equilibri macroeconòmic keynesià és un primer pas per definir una teoria macroeconòmica mediambiental (Dopico i Iglesias, 2010, pàg. 2)

S'observa doncs un canvi en la línia de pensament, no sols a nivell de polítiques econòmiques si no en els propis plantejaments teòrics de la ciència econòmica, en que s'evoluciona de teories on la característica principal és el creixement econòmic pur, a d'altres on es busca un creixement econòmic harmonitzat amb les restriccions i impacte del medi ambient físic i els recursos naturals. És el que s'anomena ‘l'economia del medi ambient’ en que s'analitzen temes ambientals en els límits entre sistemes econòmics i naturals (Pearce, Turner, 2010 citat a Dopico i Iglesias 2010).

Cal tenir en compte però, i tal com analitza (Svartzman, 2015), que a més de l'economia ambiental que analitza els problemes ambientals mitjançant l'ús d'eines econòmiques, també hi ha la disciplina que es coneix com a economia ecològica, que no és un branca pura de l'economia, i que estudia la relació dels ecosistemes naturals amb el sistema econòmic. L'economia es considera una part més de l'ecosistema terra, on els recursos naturals i la capacitat d'absorbir residus són limitats. És precisament l'economia ecològica la que qüestiona el creixement econòmic il·limitat. Així mateix, i malgrat no descarta les valoracions monetàries, l'economia ecològica considera que els recursos ambientals no es poden considerar com un simple bé intercanviable analitzable mitjançant el cost-benefici.

Tal i com explica (Constanza, 2003) les primeres trobades formals entre economistes i ecologistes no es produïren fins els anys '80, on destaca la participació de Joan Martínez-Alier com a organitzador de la conferència internacional sobre economia ecològica que es va produir a l'any 1987 a la Universitat Autònoma de Barcelona, i on es va fundar la 'International Society for Ecological Economics' i acordar la publicació de la principal revista d'economia ecològica: 'Ecological Economics'.

1.2 Economia sostenible

En l'estudi 'What is sustainability economics?' (Baumgärtner i Quaas, 2009) plantegen que els fonaments normatius de les dues paraules que la conformen 'economia' i 'sostenibilitat' permeten entendre-la com la conjunció de l'eficiència (sense desapropitar) en l'ús dels recursos escassos per aconseguir la satisfacció de les necessitats humanes (economia) i alhora la satisfacció de la justícia inter-generacional i intra-generacional pel que fa en la relació dels humans amb la naturalesa a llarg termini i en un futur inherentment incert.

Es destaca per tant que el tema principal de l'economia sostenible és estudiar i entendre com gestionar les relacions entre els humans i la natura a llarg termini, per tal de que els recursos naturals escassos així com els béns i serveis que produeix, són usats d'una manera eficient i justa (en el sentit de que el desenvolupament i ús de recursos presents no comprometi a les generacions futures la possibilitat de satisfer les seves necessitats)

Des de la perspectiva sostenible, qualsevol activitat econòmica ha de considerar la sostenibilitat ambiental com una obligació per a les futures generacions, encara que suposi una restricció pels processos i la política econòmica (Dopico i Iglesias, 2010, pàg. 7)

1.3 Els límits al creixement

Com s'ha introduït en l'apartat de l'evolució del pensament econòmic, el debat sobre els límits al creixement no és una novetat, i els economistes clàssics Robert Malthus i David Ricardo van estudiar ja en el segle XVIII els límits físics del creixement i la relació entre creixement de població i recursos agraris disponibles. Malgrat que en aquell moment -en els inicis de la revolució industrial- no podien preveure els grans avenços que el progrés tècnic va comportar, i que van permetre superar les limitacions de disponibilitat d'aliments, en l'actualitat encara s'usa el terme 'neomaltusianisme' per referir-se als estudis sobre límits del creixement demogràfic que esperen que el progrés tècnic no sigui suficient per pal·liar els impactes que una població creixent generen en la natura.

Com destaca (Martínez-Alier, 2011) hi ha hagut diferents tipus de maltusianisme i neomaltusianisme al llarg de la història: L'original de Malthus i el creixement exponencial de la població i les crisis de subsistència, el neomaltusianisme del 1900 de la procreació conscient amb llibertat de la dona per escollir i impedir salaris baixos i pressió de recursos naturals, i finalment el neomaltusianisme del 1970 on el creixement demogràfic es determina com a causa principal de pobresa i degradació ambiental.

A partir de la dècada dels '70 del segle XX el debat dels límits al creixement guanya importància, i es comença a plantejar obertament seriosos dubtes sobre si el creixement econòmic és un objectiu desitjable en si mateix, o si ha d'estar subjecte al compliment d'altres objectius socials i ambientals.

És l'esmentat informe 'Meadows' al 1971, la primera gran aportació tècnica als límits del creixement, i que mitjançant un model computacional i una gran base de dades va estudiar el futur del planeta. De les correlacions entre les variables definides i el creixement econòmic es va concloure que davant les tendències de creixement poblacional, industrialització, contaminació ambiental, producció d'aliments i consum de recursos naturals calia abordar criteris de desenvolupament sostenible si no es volia arribar a una situació límit en el termini de 100 anys (Dopico i Iglesias, 2010, pàg. 22)

Si bé és cert que d'altres economistes van plantejar problemes metodològics en l'informe, va establir les bases perquè el debat sobre els límits del creixement guanyés en intensitat i s'obrí la porta a l'estudi quantitatiu i estimació dels efectes del creixement demogràfic, esgotament de recursos i augment de la contaminació.

Un altre informe, de Bruntland de l'any 1992, defineix de manera explícita el concepte de desenvolupament sostenible i les recomanacions generals per aconseguir-lo: revisar el model de creixement econòmic, nivell de sostenibilitat de creixement demogràfic, comptabilització d'activitat econòmica i conservació del medi ambient entre d'altres. Es considera l'últim estudi teòric que dona pas a la nova fase d'aplicació pràctica dels principis amb l'inici de les cimeres de la terra de Rio 1992, convencions de les nacions unides de Kyoto 1997 on ja s'intenten establir programes d'acord entre països per aconseguir la conservació del medi ambient i un desenvolupament sostenible.

La reducció de gasos d'efecte hivernacle –resultat de la convenció de Kyoto, conegut com protocol de Kyoto- i el debat sobre el canvi climàtic monopolitzen la discussió dels límits al creixement en l'actualitat. Aquesta està particularment centrada en la qüestió energètica/industrial i les fonts alternatives, malgrat que, i com tractem en el present treball, hi ha d'altres activitats econòmiques que també tenen un gran impacte en el canvi climàtic i estan molt relacionades amb els límits físics del creixement com la producció i consum de carn.

Com activitat més recent i relacionat amb l'economia ecologista (Martínez-Alier,2011) destaquen els moviments per promulgar un 'decreixement econòmic socialment sostenible', i a Catalunya per exemple, s'hi va celebrar el segon congrés internacional a l'any 2010. Tot i que encara minoritari, reflecteix una presa de consciència europea per qüestionar el creixement econòmic per se.

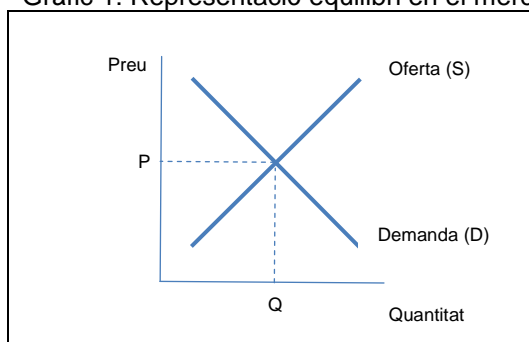
Com apunt addicional, mencionar que per a l'estudi de la relació entre creixement econòmic i pressió ambiental una de les metodologies d'anàlisi que s'utilitza és la corba de kuznets mediambiental (Dopico i Iglesias, 2010, pàg. 27), que relaciona indicadors econòmics tradicionals com el PIB, amb indicadors físics ambientals representatius com podria ser el CO₂, i on s'usen tècniques de regressió per al seu càlcul, com les que s'utilitzen en aquest treball per a projectar el consum de carn.

2. MARC TEÒRIC

2.1 Oferta i demanda. Equilibri general.

En l'economia de mercat, formada per compradors i venedors, el mecanisme dels preus organitza la producció i demanda de béns i serveis. La representació gràfica habitual de la oferta i la demanda es realitza mitjançant les corbes que tenen pendent positiu i negatiu respectivament:

Gràfic 1: Representació equilibri en el mercat. Oferta i demanda



Font: Elaboració pròpia.

La pendent negativa de la demanda indica que davant d'una pujada de preu, un comprador estarà disposat a consumir menys quantitat del bé o servei. En el cas del productor el fet serà a la inversa i estarà disposat a produir i vendre'n més, i per això la pendent és positiva.

Sempre que el preu és diferent al d'equilibri, hi haurà un ajustament fins arribar-hi ja que si els preus estan per sobre de l'equilibri, els venedors estan insatsfets i han de baixar el preu per a poder vendre tota la producció. Tan mateix, si el preu baixa per sota del d'equilibri llavors els compradors passen a estar insatsfets perquè no troben oferta per a la seva demanda. En

essència, quan el preu és diferent del d'equilibri una de les dues parts del mercat estarà insatisfeta.

Observem per tant que els preus juguen un paper fonamental en dues funcions:

- **Funció de racionament del preu:** Els preus d'equilibri racionen els béns existents davant l'escassetat, i frenen excessives demandes . “La gent voldria de quasi tot el que es pogués oferir a un preu quasi nul” (Robert, 2005, pàg. 41)
- **Funció d'assignació del preu:** Distribueix els recursos productius entre els diferents sectors de l'economia, ja que quan hi ha excés de demanda els productors poden demanar un preu més alt i estimulen l'atracció de recursos en el sector, mentre que quan hi ha un excés d'oferta desincentiven i provoquen la desviació a d'altres sectors.

En una economia en que els mercats són perfectament competitius –les empreses i consumidors són preu acceptants i no poden influir en els preus- on les empreses maximitzen els seus beneficis així com els consumidors maximitzen la seva utilitat, els preus són precisament els elements que oscil·len per equilibrar oferta i demanda i poder fer assignacions de recursos eficients en el sentit de Pareto: cap agent del mercat pot millorar el seu benestar sense empitjorar el d'un altre.

En una situació competitiva i eficient com la descrita, coneguda com equilibri general competitiu, la societat obté el màxim benestar conjunt possible, tant a nivell d'assignació com de producció, i en qualsevol altre situació consumidors o productors estarien pitjor. En equilibri general, el resultat eficient en l'assignació de recursos es produeix espontàniament amb les forces de mercat, només amb la informació dels preus i sense cap intervenció estatal.

Destacar per tant que els preus, i perquè funcionin adequadament com a mecanisme d'assignació eficient i espontani, han de reflectir adequadament les valoracions marginals dels consumidors i costos marginals dels productors, ja que si això no passa, els preus no garanteixen una assignació de recursos eficient i espontània. És quan es produeixen els errors de mercat com el cas de les externalitats, on els preus de mercat no reflecteixen els costos reals.

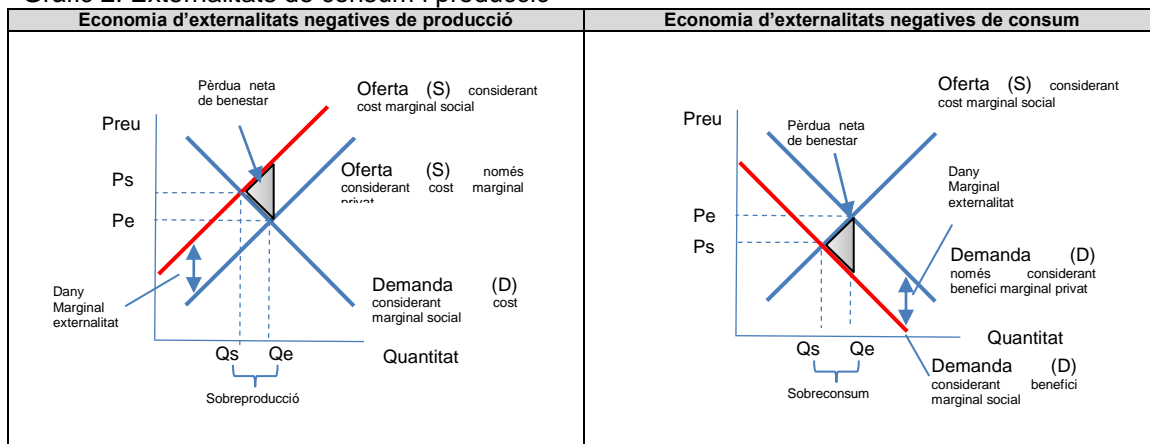
2.2 Errors de mercat: Les externalitats negatives.

2.2.1 Concepte d'externalitats

Les externalitats, són un dels errors de mercat i es produeixen quan en una activitat de consum o producció afecta a tercers que no han pres part ni en el consum ni en la producció. Aquests efectes externs doncs –que poden ser positius o negatius, però que en l'àmbit d'aquest treball es centra en els negatius com la contaminació ambiental del sector bestiar i el consum de carn-, tenen uns costos/beneficis anomenats socials, que no s'estan tenint en compte per part dels agents a l'hora de decidir-ne la producció i per suposat el consum que se'n deriva en el mercat.

Al considerar només els costos privats de l'activitat econòmica se'n deriva una sobreproducció i un sobreconsum, ja que el preu del bé no reflecteix el cost total de l'activitat. En aquest supòsit doncs, les quantitats i preus d'equilibri que s'obtenen en els mercats no són eficients. Gràficament:

Gràfic 2: Externalitats de consum i producció



Font: Elaboració pròpia basat en (Saez, s.d.)

Tal i com es pot observar en la representació gràfica, al considerar els costos/beneficis socials i no només els privats, es produeix un desplaçament de les corbes d'oferta i demanda. Aquest desplaçament, condueix a un equilibri de consum i producció eficient inferior a la quantitat d'equilibri original sense considerar l'externalitat.

2.2.2 Intervencions per mitigar les externalitats negatives

Hi ha dos tipus d'aproximacions (Saez, s.d.) alhora de mitigar els efectes de les externalitats i per tal de internalitzar-ne els costos no contemplats:

- Solucions del sector privat: El teorema de Coase
- Solucions públiques (regulació institucional): via taxes correctives en preus -com l'impost pigouvià- o regulacions de quantitat

L'aproximació de Ronald Coase i el seu teorema té la seva base en la següent declaració: "quan les parts afectades per les externalitats poden negociar sense incórrer en cost algun, el resultat es eficient independentment de qui sigui jurídicament responsable dels danys" (Robert, 2005, pàg. 511)

Així doncs l'aproximació de Coase implica que l'estat no ha d'intervenir i que la negociació privada entre les parts ha de permetre la internalització del cost per part de qui el provoca i permetre una producció socialment òptima, via un pacte avantatjós per les dues parts.

El problema d'aquesta aproximació és que en cas d'externalitats amb múltiples agents, l'atribució dels drets de propietat i la negociació són molt difícils, i això té també costos implícits. Quan més agents implicats, més temps i energia cal dedicar-hi, i és molt difícil arribar a acords privats per satisfer els costos de les externalitats als agents afectats. El cas de la contaminació i l'escalfament global és un bon exemple del tipus d'externalitat que l'aproximació de Coase, pensada per problemes d'escala més petita i localitzats, no pot resoldre.

En aquests casos la intervenció pública és necessària, i la solució habitual és la imposició de taxes pigouvianes, i per tant correccions en preus, per tal de provocar el desplaçament de la corba d'oferta verticalment cap a amunt (veure representació gràfica a [2.2.1 Concepte d'externalitats](#))

D'aquesta manera s'intenta una internalització de costos via un impost, de tal manera que es produeixi la quantitat eficient on el cost marginal social i el preu de l'última unitat produïda s'igualin, i s'arribi en el mercat a una situació d'equilibri eficient en el sentit de Pareto.

En l'àmbit d'aquest treball de recerca l'anàlisi quantitatiu amb model economètric i projeccions en la reducció del consum de carn, es basen precisament en l'aplicació d'una suposada taxa correctiva que impacta el preu del bé.

3. EL SECTOR DEL BESTIAR I EL CONSUM DE CARN

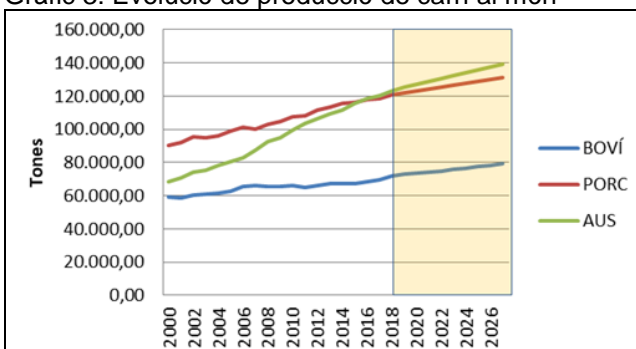
3.1 Evolució de les principals magnituds

3.1.1 Producció

A nivell mundial la producció de carn ha crescut amb força en els tres tipus de carn analitzats, especialment les aus, amb dades des de l'any 2000 com a base i amb dades projectades – ombrejades en els gràfics- per la (OECD/FAO,2018) fins a l'any 2027.

En el cas del boví l'increment respecte l'any base ha estat un +17,94% fins al 2017 i es projecta un creixement fins al +33,89%, en el cas del porc un +31,29% fins a l'any 2017 i una projecció de +44,99% al 2027 i en el cas de les aus un +75,90% a l'any 2017 i una projecció de +103,53% al 2027.

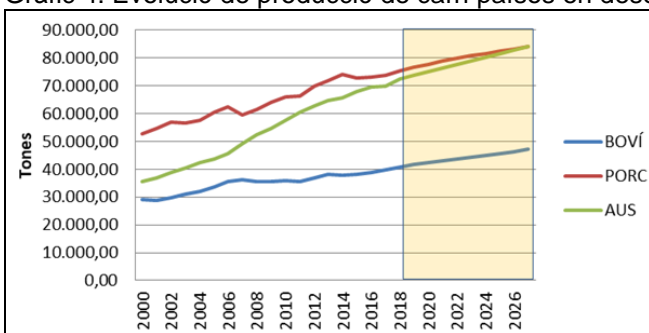
Gràfic 3: Evolució de producció de carn al món



Font: Elaboració pròpia. Dades: (OECD/FAO, 2018)

La producció de carn incrementa amb força als països en desenvolupament, amb un +36,71% al 2017 respecte l'any base pel que fa la carn de boví, un +39,92% en la carn de porc i un +96,07% en la carn d'aus.

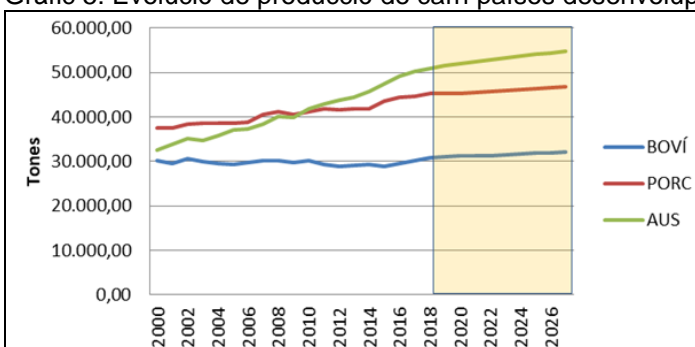
Gràfic 4: Evolució de producció de carn països en desenvolupament



Font: Elaboració pròpia. Dades: (OECD/FAO, 2018)

En el països desenvolupats presenta una evolució més plana, amb un -0,08% en la carn de boví al 2017 respecte l'any base, un +19,10% de carn de porc i un +53,92% de carn d'aus.

Gràfic 5: Evolució de producció de carn països desenvolupats



Font: Elaboració pròpia. Dades: (OECD/FAO, 2018)

Si aprofundim per tipus de carn i començant per la de boví, veiem que la producció es desplaça de països desenvolupats a països en desenvolupament, que ja des del 2004 produeixen +50% i s'estima que arribi al 60% a l'any 2026.

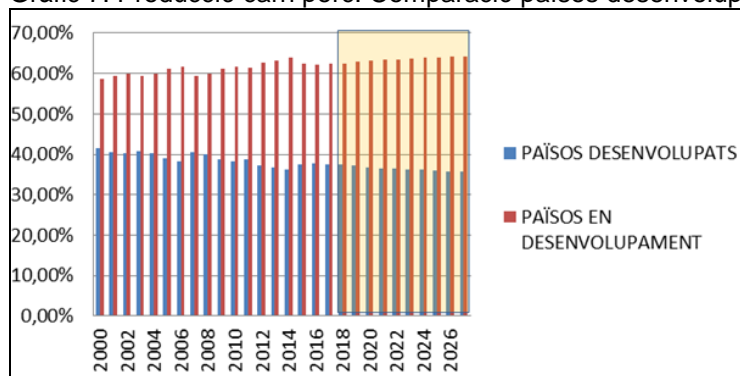
Gràfic 6: Producció carn boví. Comparació països desenvolupats i en desenvolupament



Font: Elaboració pròpia. Dades: (OECD/FAO, 2018)

En el cas de la carn de porc, històricament la producció ja ha estat en mans dels països en desenvolupament amb gairebé un 60% ja a l'any 2000, i la tendència, sense ser tan marcada com en el cas de la carn de boví, és que la producció continuarà desplaçant-se a països en desenvolupament.

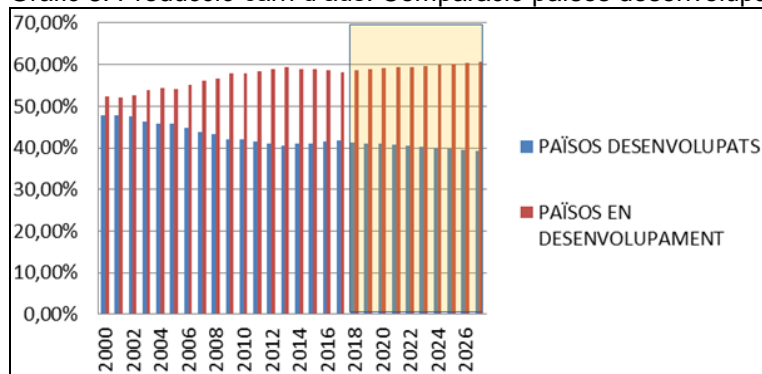
Gràfic 7: Producció carn porc. Comparació països desenvolupats i en desenvolupament



Font: Elaboració pròpia. Dades: (OECD/FAO, 2018)

Finalment i pel que fa a la carn d'aus, malgrat que hi va haver un desplaçament de la producció força pronunciat en el període 2004-2010, des d'aleshores el repartiment de la producció està en una situació força estable del 40/60% entre països desenvolupats i en desenvolupament, respectivament.

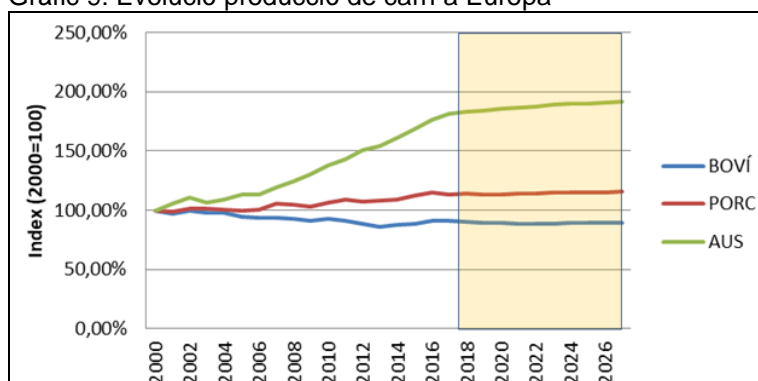
Gràfic 8: Producció carn d'aus. Comparació països desenvolupats i en desenvolupament



Font: Elaboració pròpia. Dades: (OECD/FAO, 2018)

Específicament a nivell d'Europa i tal com destaca (Marquer, Rabade i Forti, 2015) la producció de boví representa al 2017 un 8,1% de la producció agrícola total, el porc un 9,0% i la carn d'aus un 5,5%. Pel que fa a la seva evolució, s'observa un creixement molt clar de la producció de carn d'aus, una reducció de la carn de boví i una evolució estable en la carn de porc.

Gràfic 9: Evolució producció de carn a Europa



Font: Elaboració pròpia. Dades: (OECD/FAO, 2018)

Amb dades del 2013 a la UE-28 hi havia 130 milions d'unitats de bestiar: LSU- *livestock unit*, unitat de referència que amb uns coeficients aplicats per tipus de carn permet agregar unitats de bestiar de diferents espècies (Eurostat, 2017b). D'aquestes un 48% era de remugants/boví, 26% porc i 15% aus. Així doncs, i malgrat la producció de boví presenta una producció amb tendència plana-decreixent continuen essent el tipus dominant dins la població de bestiar.

Pel que fa a la producció ramadera ecològica a nivell UE-28 i si analitzem l'evolució del tipus carn dominant a nivell d'unitats de bestiar (LSU) com és la carn de boví, observem que tot i presentar una tendència creixent en quant unitats produïdes, el seu percentatge encara és menor que un 5% del total.

Taula 1: % producció orgànic UE-28. Live Bovine Animals

Any	Boví Orgànic (unitats)	Boví Total (unitats)	% Orgànic
2013	3.552.014	87.734.430	4,05%
2014	3.630.538	88.405.620	4,11%
2015	3.636.091	89.138.270	4,08%
2016	3.997.266	89.134.160	4,48%

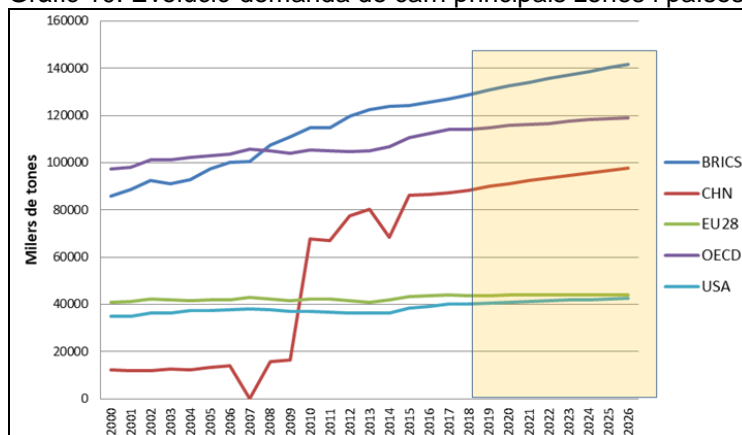
Font: Elaboració pròpia. Dades: (Eurostat, 2017a) org_lstspec i apro_mt_lscatl

3.1.2 Demanda

Analitzada la producció com a principal magnitud del sector bestiar, i referent a la demanda de carn, s'espera que continuï a l'alça. És interessant destacar que les zones geogràfiques històricament riques com la UE-28 i els USA tenen una projecció força plana, i que són els països de zones tradicionalment considerades en desenvolupament les que incrementen la demanda de consum de carn amb força.

El cas de Xina és significatiu i associat al grau de desenvolupament econòmic de la classe mitjana que ara es pot permetre el consum de proteïnes de qualitat (Watts, 2008). La pròpia FAO (Gerber et al., 2013, pàg. 1) menciona que el creixement de població i d'ingressos d'una classe mitja global suposarà un fort increment de demanda de carn i tot un repte pels sistemes alimentaris, d'agricultura i medi ambientals. A l'observar la corba de demanda de la Xina, representativa d'aquesta nova classe mitja emergent, les afirmacions de la FAO semblen confirmar-se.

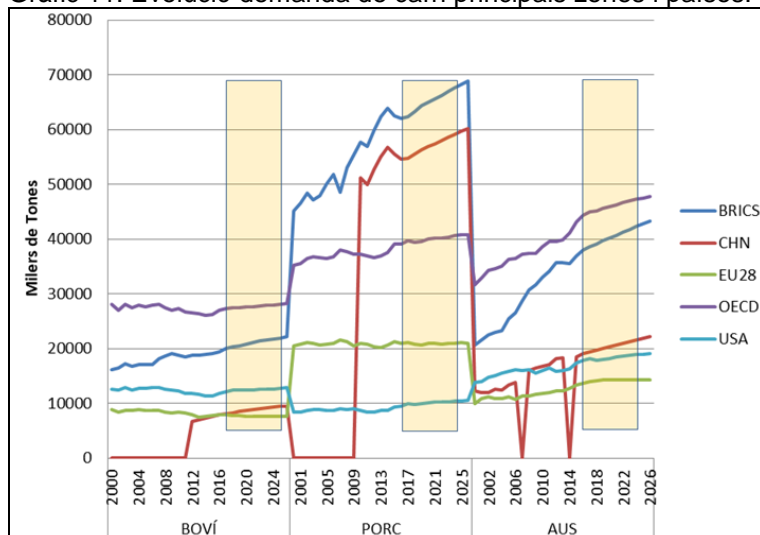
Gràfic 10: Evolució demanda de carn principals zones i països



Font: Elaboració pròpia. Dades: (OECD, 2018)

Quan analitzem el desglossament per tipus de carn, també s'observa que són els països en desenvolupament els que impulsen amb força el creixement de la demanda, amb la Xina al capdavant. En el cas de la UE-28 s'observa una demanda plana pel que fa carn de Porc, lleugerament decreixent la de boví i una lleugera tendència a l'alça pel que fa a la d'aus.

Gràfic 11: Evolució demanda de carn principals zones i països. Desglossament per tipus.



Font: Elaboració pròpia. Dades: (OECD, 2018)

3.2 Externalitats. Impacte econòmic i ambiental

3.2.1 Presentació d'externalitats

D'acord a l'informe 'Livestock's Long Shadow' publicat per la FAO (Steinfeld et al., 2006) que va estudiar i analitzar en profunditat les externalitats del sector bestiar i la producció de carn a nivell ambiental, va determinar tres grans àrees d'impacte ambiental principals. Tot i així, també hi ha d'altres informes que estenen les externalitats negatives de la producció industrial també a nivell de salut dels humans i del benestar animal (Compassion, 2016). Les presentem a continuació:

1. Canvi climàtic i pol·lució de l'aire

L'emissió de gasos d'efecte hivernacle és una de les causes principals del canvi climàtic, ja que la seva concentració a l'atmosfera impedeix el retorn de l'energia provinent del sol fora de la terra. Els principals gasos d'aquest tipus són el diòxid de carboni (CO₂), el metà (CH₄) i òxid de nitrogen (N₂O). Cal destacar que no tots tenen el mateix potencial d'escalfament, i si el CO₂ es considera que té un potencial de 1, el CH₄ té un potencial d'escalfament de 23 i el N₂O de 296.

El sector del bestiar emet gasos d'aquests 3 tipus, ja sigui en forma de diòxid de carboni en el procés de respiració, metà en el cas dels bovins/remugants i el seu procés digestiu, i una combinació dels 3 gasos en la gestió dels fems. L'ús de fertilitzants químics per a produir aliment per al bestiar així com la desforestació associada també són causes d'emissió de gasos.

Tal com ja s'ha presentat en la contextualització de la recerca, el sector del bestiar contribueix, d'acord a l'informe del 2006 i degut a les causes aquí presentades, en un 18% del total de gasos d'efecte hivernacle. Cal matisar que en un informe posterior i amb ajustament dels mètodes de càlcul es va reduir al 14,5% del total, en concret 7,1 gigatonnes de CO₂eq (Gerber et al., 2013). El desglossament per tipus de gas amb dades de l'informe de la FAO del 2013 és:

- a) 2 gigatonnes de CO₂eq de diòxid de carboni CO₂ per any, que representen un 5% del total d'emissions antropogèniques i un 27% del total del sector bestiar (IPCC, 2007 citat a Gerber et al., 2013).
- b) 3,1 gigatonnes de CO₂eq de metà CH₄ per any, que representen un 44% del total d'emissions antropogèniques i també del sector (IPCC, 2007 citat a Gerber et al., 2013). El procés digestiu dels ruminats (boví) i la gestió dels fems en són la causa principal.
- c) 2 gigatonnes de CO₂eq de òxid de nitrogen (N₂O) per any, que representa un 53% del total d'emissions antropogèniques i un 29% del total del sector bestiar (IPCC, 2007 citat a Gerber et al., 2013). En essència aquestes grans emissions es produeixen per la gran quantitat de cultius alimentaris necessaris per alimentar el bestiar, ja que s'usa fertilitzants nitrogenats com adob. El 75% de la producció de nitrogen a Europa és per a ser usat com a fertilitzant (European Nitrogen Assessment, 2008 citat a Compassion, 2016).

2. Esgotament i contaminació de l'aigua

L'aigua dolça és escassa i un element indispensable per a sustentar l'alimentació, la indústria i la sostenibilitat ambiental arreu del món (Tuner *et al.*, 2004 citat a Steinfeld et al., 2006). Només un 2,5% de tots els recursos d'aigua és dolça i està desigualment distribuïda pel món, amb 2,3 mil milions de persones vivint en condicions d'escassetat d'aigua en diferents graus.

El consum d'aigua que de manera directa o indirecta es relaciona amb la cadena de producció del bestiar es quantifica en un 8% del total, d'on un 7% d'aquesta es consumeix en la producció d'aliment (regadiu) del bestiar. Així mateix, el sector també contribueix en l'esgotament de l'aigua via la desforestació, contaminació d'aqüífers (els purins del porc en són un bon exemple), pesticides i contaminació biològica.

3. Pèrdua de biodiversitat i degradació del sòl

Els ecosistemes amb biodiversitat presenten una major resiliència per fer front a les situacions imprevisibles que es produeixen al món (Convention on Biological diversity, 2006, citat a Steinfeld et al., 2006), malgrat que aquesta diversitat està amenaçada per les transformacions fruit de les activitats humanes i la destrucció dels hàbitats salvatges.

El sector del bestiar en particular, contribueix en aquesta crisi de biodiversitat de diverses formes, ja sigui amb la desforestació i ús de la terra per a produir aliments pel bestiar, les emissions de diferents gasos i elements com l'amoníac que provoquen pluges àcides i la destrucció d'aqüífers així com la propagació d'espècies invasores i malalties. Tots aquests impactes afecten negativament als hàbitats d'espècies, que s'acaben extingint i afecten la biodiversitat global.

Quantificar quin % de pèrdua de biodiversitat és provocat únicament per el sector del bestiar és molt difícil, ja que les pèrdues són el resultat d'una xarxa complexa de canvis, però si que l'informe de la FAO destaca que les activitats del sector tenen una quota clau de responsabilitat directa o indirecta.

Així mateix i en la degradació del sòl, i a nivell de la Unió Europea, s'estima que un 45% del sòl presenta problemes de qualitat per baixa matèria orgànica, així com un 56% del territori de la Unió Europea té amenaçada la biodiversitat del sòl per culpa de la agricultura intensiva, en gran part usada per a generar aliment pel bestiar (Compassion, 2016)

4. Salut Humana

Una primera externalitat negativa és el consum excessiu de grasses saturades i carn vermella, ja que tal com l'informe de Compassion indica, els ciutadans de la unió Europea consumeixen un 40% més de grasses saturades que les recomanades per la World Health Organization (Compassion, 2016). Si recordem la demanda de carn presentada a l'evolució dels principals indicadors del sector bestiar, Europa no és ni de lluny un país dels més consumidors de carn, així que si extrapolem, podem entendre que a nivell global és aquest un greu problema.

D'altres informes com els del World Economic Forum i la Harvard School of Public Health afirmen que el 63% de les morts a nivell global es produeixen per malalties no transmissibles: Càncer, diabetis, problemes cardiovasculars i problemes respiratòries. Un dels 4 majors factors de risc és precisament una dieta poc sana, com el consum excessiu de carn i greix (Compassion, 2016).

Un altre gran problema derivat de la producció de bestiar industrial és precisament l'ús excessiu d'antibiòtics que estan produint una gran resistència –a més del mal ús que en fan els propis humans- als mateixos via la ingesta de la carn.

5. Benestar animal

La producció industrial en el sector bestiar provoca un baix benestar animal, que més enllà de les pròpies consideracions ètiques del maltractament als animals, inclús impacta negativament en els costos de producció. Comparativament, els costos d'una producció ecològica on entre d'altres factors es té en compte el benestar de l'animal, són més baixos.

Existeix un estudi holandès que conclou que els costos de benestar animal al produir 1kg de carn usant mètodes industrials convencionals té un rang de 1,10€-4,60€ en comparació d'un rang de 0€-3,50€ quan es produeix ecològicament. (Drunden, Beukering, Aiking 2010 citat a Compassion, 2016)

3.2.2 Anàlisi Impacte ambiental i càlcul cost ambiental per kg

Pel que fa a l'impacte ambiental de les externalitats, aprofundirem en les emissions en CO₂eq que és una unitat de mesura d'equivalència de tots els gasos d'efecte hivernacle, ja que és per aquest tipus d'unitat que disposem de dades quantificables publicades per la FAO. Posteriorment es poden combinar les dades d'emissions ambientals amb els resultats de l'estimació del model de demanda de carn amb la tècnica de regressió, per a poder projectar diferents escenaris.

Si analitzem l'evolució d'emissions i producció a Europa, veiem que la carn de boví que representa un 20% aproximadament del total de carn produïda és responsable de més del 75% de les emissions en CO₂eq

Taula 2: % d'emissions i producció per tipus de carn a zona UE-28

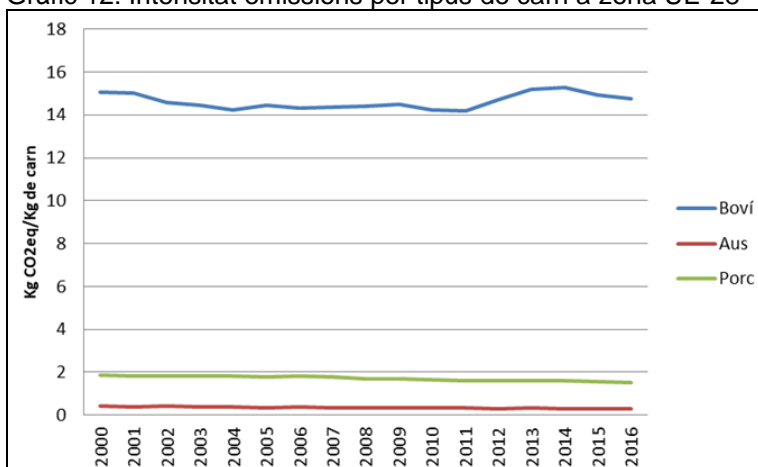
Emissions (CO ₂ eq) %	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Boví	75,94%	75,58%	76,03%	76,06%	76,09%	75,68%	75,80%
Aus	2,35%	2,42%	2,37%	2,55%	2,36%	2,46%	2,60%
Porc	21,72%	22,00%	21,60%	21,40%	21,55%	21,85%	21,60%
Total	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Producció	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Boví	21,27%	20,41%	19,63%	19,05%	18,72%	18,52%	18,38%
Aus	26,55%	27,37%	28,99%	29,73%	30,79%	30,95%	31,38%
Porc	52,18%	52,22%	51,38%	51,22%	50,49%	50,53%	50,24%
Total	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Font: Elaboració pròpia. Dades (FAOSTAT,2018)

Fet que és constatable gràficament quan representem la intensitat d'emissions per tipus de carn on s'observa que la carn de boví és de lluny la més intensa en emissió de gasos d'efecte hivernacle per kg de carn produït.

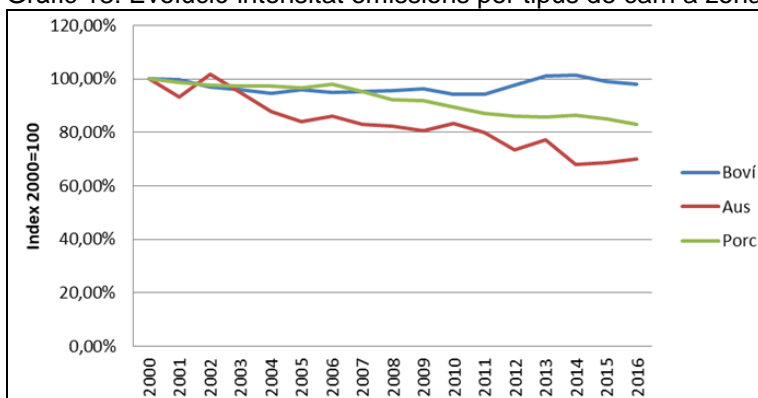
Gràfic 12: Intensitat emissions per tipus de carn a zona UE-28



Font: Elaboració pròpia. Dades (FAOSTAT,2018)

També s'observa que la carn de boví és la que pitjor evoluciona en termes d'eficiència en intensitat d'emissions, ja que mentre la carn de porc i aus ha reduït significativament els kg CO₂eq per kg de carn produït, la carn de boví presenta una tendència força plana.

Gràfic 13: Evolució intensitat emissions per tipus de carn a zona UE-28



Font: Elaboració pròpia. Dades (FAOSTAT,2018)

La intensitat d'emissions kg CO₂eq per cada kg de carn produït s'utilitzarà per a realitzar les projeccions de millora ambientals en els diferents escenaris de reducció de consum de carn al combinar amb els resultats del model de regressió estimat:

Taula 3: Resum intensitat emissions per tipus de carn a zona UE-28

Emissions kg CO ₂ eq per kg de carn	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Boví	14,22	14,18	14,72	15,20	15,26	14,92	14,76
Aus	0,35	0,34	0,31	0,33	0,29	0,29	0,30
Porc	1,66	1,61	1,60	1,59	1,60	1,58	1,54

Font: Elaboració pròpia. Dades (FAOSTAT,2018)

3.2.3 Anàlisi Impacte econòmic i càlcul cost unitari i kg

Per a realitzar la valoració econòmica de les externalitats del sector bestiar disposem de dues fonts que en permeten d'estimar una valoració a nivell unitari (cap de bestiar per tipus) i a nivell de kg. L'informe de Compassion ens permet d'obtenir una quantificació de diferents

externalitats del sector industrial de bestiar a la UE (Compassion, 2016). L'informe del professor Stiglitz permet la quantificació mitjançant el cost del carboni (Stiglitz et al. , 2017)

1. Valoració econòmica basada en externalitats UE (Compassion, 2016)

En primer lloc procedim a distribuir els costos per tipus de carn:

Taula 4: Repartiment de costos externalitats per tipus de carn basat en (Compassion, 2016)

	cost	Unitat ****	% Atribució costos boví ***	% Atribució costos porc ***	% Atribució costos aus ***
Excés de nitrogen a l'ambient *	20	bilions/€	9,6	5,2	3
Degradació del sòl	19	bilions/€	9,12	4,94	2,85
Pol·lució de l'aigua a Bèlgica, França, Holanda, Suècia, Espanya, UK *	2,43	bilions/€	1,1664	0,6318	0,3645
Malalties coronàries **	7,3	bilions/€	3,504	1,898	1,095
Resistència antibiòtics **	0,3	bilions/€	0,144	0,078	0,045
Pol·lució ambiental a Dinamarca i França	29,1	bilions/€	13,968	7,566	4,365
Campylobacter i salmonel·la	5,4	bilions/€	2,592	1,404	0,81
TOTAL	83,53	bilions/€	40,0944	21,7178	12,5295

Font: Elaboració pròpia.

* Rang cost estimat en 20-150 € bilions. Seguint criteri de prudència, agafem el valor menor del rang

* Rang cost estimat en 2,43 - 4,75 € bilions. Seguint criteri de prudència, agafem el valor menor del rang

** Mantenim la mateixa assumpció que l'informe que quantifica en un 20% és del sector bestiar

*** Repartiment de costos basat en els següents percentatges de unitats de bestiar a la UE extrets de (Eurostat, 2017b). Boví: 0,48, Porc: 0,26 i Aus:0,15

**** Bilions anglesos equivalen a mil milions

Un cop disposem dels costos repartits per tipus de carn i amb les dades de caps de bestiar a la zona UE així com els pesos mitjos dels animals, és possible calcular la valoració econòmica en kg:

Taula 5: Valoració econòmica externalitat. Desglossament tipus de carn, caps de bestiar i pesos mitjos. Repartiment basat en taula 4

	Unitat	Boví	Porc	Aus
Caps de bestiar *	Caps	88.423.240,00	150.000.390,00	11.602.073.000,00
Cost Externalitat	€	40.094.400.000,00	21.717.800.000,00	12.529.500.000,00
Total Cost Externalitat Unitari	€/cap	453,44	144,78	1,08
Total Cost Externalitat kg **	€/Kg	0,936273703	1,462474312	0,388466302

Font: Elaboració pròpia.

* Boví i Porc obtingut de (Eurostat, 2017b) apro_mt_lscatl i apro_mt_lspig. Aus obtingut de (FAOSTAT, 2018) QL-Livestock Primary

** Pel càlcul a nivell de kg, es tenen en consideració els següents pesos mitjos. Boví: 484,3 kg, Porc: 99kg, Aus: 2,78kg. Dades pesos obtingudes de (INAC, s.d.) i (SISAP, 2018)

2. Valoració econòmica basada en preu carboni (Stiglitz et al. , 2017)

En l'informe el professor Joseph Stiglitz i l'equip col·laborador estableixen dos escenaris de rang de preu de carboni basats en els objectius de temperatura de l'acord de París i depenen si considerem fins al 2020 o fins al 2030. En calculem el preu mig de cada escenari per tona i fins a nivell de kg:

Taula 6: Càlculs de preu mig carboni per Tona i Kg basats en escenaris (Stiglitz et al., 2017)

	Min	Max	Unitat	Preu Mig Tona CO ₂	US\$KgCO ₂
Fins 2020	40,00	80,00	US\$/tCO ₂ *	60,00	0,06
2020-2030	50,00	100,00	US\$/tCO ₂ *	75,00	0,075

Font: Elaboració pròpia

* Tones de diòxid de carboni

Un cop disposem dels preus mitjos dels escenaris a nivell de kg, podem aprofundir i calcular els costos econòmics de les externalitats per a cada tipus de carn i d'acord al nivell de producció anual.

Presentem a continuació els càlculs per l'exercici de 2016 on es poden observar els costos unitaris per kg per tipus de carn, el cost total de la producció per tipus de carn així com el percentatge que representa d'acord a la valoració econòmica del sector.

Taula 7: Valoració econòmica externalitat basats en preu carboni. A nivell kg, per tipus de carn i total de producció en escenaris 2020 i 2020-2030.

	Boví	Aus	Porc
Producció 2016 (Kg) *	10.574.926.000	18.056.475.000	28.905.673.000
Emissions kg C02eq/kg carn	14,7559	0,2961	1,5386

		Boví	Aus	Porc		
Cost Fins 2020	Cost emissions en US\$/Kg	\$0,8853554215	\$0,0177677803	\$0,0923148885		
	Cost emissions en €/Kg **	0,7703256184 €	0,0154593014 €	0,0803208766 €		
	Total cost preu carboni de la producció en US\$	\$9.362.568.066,00	\$320.823.480,00	\$2.668.423.980,00	Total cost emissions producció 2016 amb escenari cost CO₂ 2020	% total del valor mercat sector bestiar***
	Total cost preu carboni de la producció en €	8.146.136.410,02 €	279.140.489,36 €	2.321.728.994,40 €	10.747.005.893,78 €	6,4353%
Cost 2020-2030	Cost emissions en US\$/Kg	\$1,1066942769	\$0,0222097253	\$0,1153936106		
	Cost emissions en €/Kg **	0,9629070229 €	0,0193241268 €	0,1004010958 €		
	Total cost preu carboni de la producció en US\$	\$11.703.210.082,50	\$401.029.350,00	\$3.335.529.975,00	Total cost emissions producció 2016 amb escenari cost CO₂ 2030	% total del valor mercat sector bestiar***
	Total cost preu carboni de la producció en €	10.182.670.512,53 €	348.925.611,70 €	2.902.161.243,00 €	13.433.757.367,23 €	8,0442%

Font: Elaboració pròpia.

* Dades de producció 2016 obtingudes de (FAOSTAT,2018)

** 1 US\$=0,870075 €. Taxa de canvi mitjana Oct 2018. Dades Obtingudes: (OFX, 2018)

*** Valor de mercat del sector: 167 mil milions (Marquer, Rabade i Forti, 2015)

4. SIMULACIÓ: REDUCCIÓ DEL CONSUM DE CARN

4.1 Metodologia

L'anàlisi quantitatiu segueix un enfocament economètric en que basat en la llei de la demanda, segons la qual la quantitat demandada d'un bé augmenta si en disminueix el preu i a l'inrevés (Robert, 2005, pàg. 31), s'especifica, estima i contrasta un model de regressió lineal per a

poder fer prediccions en el consum de carn en diferents escenaris i poder mesurar els seus efectes ambientals i econòmics.

4.1.1 Especificació del model

D'acord als determinants de la demanda: rendes, gustos, preus de substitutius, expectatives i població (Robert, 2005, pàg. 41-42) definim un model on la demanda/consum de carn és una funció de les següents variables explicatives:

$$Y_{\text{consum de carn per càpita/kg}} = f(X_1_{\text{rendes}}, X_2_{\text{preu bé}}, X_3_{\text{preu béns substitutius}})$$

Atès que el consum que es vol predir és en kg per càpita, la població en conjunt no es considera com a variable explicativa del model. Tampoc s'inclouen els gustos dels consumidors, ja que no és possible obtenir observacions que s'ajustin a l'estudi quantitatiu objecte d'aquest treball.

4.1.2 Regressió lineal múltiple

En la regressió lineal múltiple es pretén estimar la relació entre les variables explicatives o regressors ($X_1.. X_n$) i la variable endògena o explicada (Y), i el resultat numèric –constant pel conjunt de la mostra analitzada- d'aquesta relació queda recollit en els paràmetres ($\beta_1.. \beta_n$) que acompanya cadascuna de les variables explicatives del model.

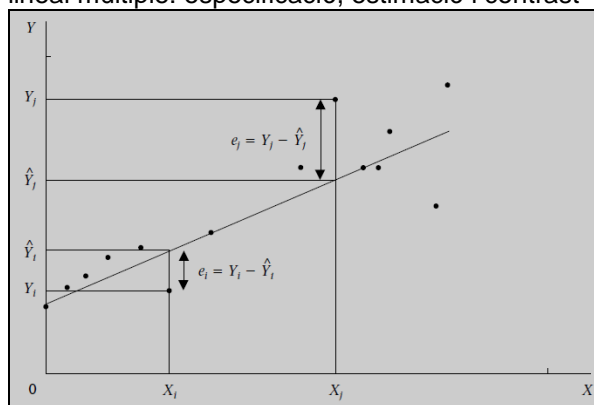
El model de demanda de carn que s'estima expressat en forma de regressió lineal múltiple és el següent:

$$Y_{\text{consum de carn per càpita/kg}} = \beta_1 + \beta_2 X_{\text{rendes}} + \beta_3 X_{\text{preu bé}} + \beta_4 X_{\text{preu béns substitutius}} + \mu$$

Observem que a més de la variable endògena, regressors i paràmetres associats, també tenim el paràmetre β_1 que es coneix com a terme independent, i el paràmetre μ que es coneix com a terme de perturbació i que recull la font l'aleatorietat del model, és a dir, el comportament de la variable endògena que no queda recollida pels regressors o variables explicatives incloses en el model.

L'estimació dels paràmetres (β_j) desconeguts en el model de regressió es fa utilitzant el mètode de mínims quadrats ordinaris (MQO), en que per a cada observació, la diferència entre la variable endògena observada (Y_i) i l'estimada (\hat{Y}_i) és la menor possible.

Gràfic 14: Representació ajustament recta per mínims quadrats ordinaris. Model de regressió lineal múltiple: especificació, estimació i contrast



Font: (Barrio, Clar, Suriñach, s.d, pàg.24).

Aquesta diferència (e_i) s'anomena error o residu, i els estimadors en MQO són els que fan mínima la suma de quadrats dels errors, i garanteixen una sèrie de propietats desitjables en els estimadors obtinguts:

- Linealitat
- Absència de biax
- Eficiència. Tenen una variància més petita.

- Consistència. Com més creix la mida de la mostra, l'estimador més s'aproxima al vertader valor de la població.

El model de regressió lineal múltiple, i per confiar en la validesa de les prediccions que es poden obtenir un cop estimats els paràmetres (β_j) per MQO, ha de satisfer un seguit d'hipòtesis a nivell general, sobre el terme de pertorbació, variables explicatives i sobre els paràmetres del model. A cada model estimat se li aplicaran els següents contrastos:

Taula 8: resum d'hipòtesis bàsiques del model a partir dels mòduls d'econometria de la UOC

Hipòtesis bàsiques / Validació	Raó fonamental	Contrast/Test a aplicar
General: Forma funcional del model es correcte	La relació de dependència entre la variable endògena i les explicatives ha de ser lineal	Contrast de RESET
Sobre els paràmetres (β_j) del model: permanència estructural	No es pot fer una predicció amb valors fora de la mostra si la hipòtesi de permanència estructural no es compleix	Contrast de Chow de permanència estructural
Error en la mostra (regressors) : multicol-linealitat entre les variables explicatives	Els estimadors MQO no conserven les propietats òptimes desitjables en presència d'un alt grau de multicol-linealitat en els regressors	Càlcul de factor d'increment de la variància (FIV)
Sobre el terme de pertorbació: Normalitat del terme de pertorbació	Tot el procés d'inferència estadística es basa en la distribució normal del terme de pertorbació	Contrast de normalitat de Saphiro-Wilk
Sobre el terme de pertorbació: Compliment de homoscedasticitat	En presència de heteroscedasticitat els estimadors MQO dels paràmetres (β_j) seran ineficients, i per tant ja no seran els de variància mínima	Contrast de White
Sobre el terme de pertorbació: Compliment no-autocorrelació del terme de pertorbació	En presència de autocorrelació els estimadors MQO dels paràmetres (β_j) seran ineficients, i per tant ja no seran els de variància mínima	Contrast Box-Pierce

Font: Elaboració pròpia. Basat en (Del Barrio, Clar i Suriñach, s.d.)

Així mateix també s'ha de validar la significació individual i global dels paràmetres del model mitjançant el contrast de la *t Student* i la *F de Snedecor* respectivament, així com la bondat de l'ajustament amb el coeficient de determinació R^2 que ens indica el percentatge de variabilitat de la variable endògena que s'aconsegueix amb les variables explicatives incloses en el model.

Com apunt final de l'explicació de la regressió, recordem que tant la seva estimació per MQO com tots els contrastos de validació d'hipòtesis es realitzen mitjançant l'eina estadística R, que permet realitzar de manera senzilla i automatitzada tots els càlculs requerits per obtenir l'equació model per a poder fer les prediccions i extreure'n coneixement econòmic.

4.1.2.1 Contrast de Reset

S'utilitza el contrast de Reset per determinar si la forma funcional assumida és la correcta.

Les hipòtesis nul·la i alternativa -o de rebuig- que es formulen en aquest test són:

H_0 : forma funcional correcte i alternativa H_A : forma funcional no correcte.

A partir del vector de valors ajustats de la variable endògena del model original estimat per MQO elevats al quadrat: \hat{Y}_i^2 , s'especifica una regressió auxiliar a on s'inclou com a regressor:

$$Y_i = \delta_1 + \delta_2 X_{2i} + \dots + \delta_k X_{ki} + \hat{Y}_i^2 + v_i$$

Un cop estimada de nou regressió auxiliar per MQO es contrasta mitjançant un test habitual de t de Student si el coeficient associat a \hat{Y}_i^2 permet o no rebutjar la hipòtesi nul·la.

Si s'usa una eina estadística tipus R i ens proporciona el p-valor, que és una mesura de la credibilitat de la hipòtesi nul·la és senzill determinar el compliment o no de la hipòtesi respecte el nivell de significació α escollit. Així doncs, Si p-valor $\leq \alpha$ s'accepta H_A mentre que si el p-valor $> \alpha$ s'accepta H_0

4.1.2.2 Contrast de Chow de permanència estructural

El contrast de Chow ens permet validar que en l'àmbit de la població es compleixi la permanència estructural.

Les hipòtesis nul·la i alternativa -o de rebuig- que es formulen en aquest test són:

H_0 : permanència estructural i H_A : no-permanència estructural

Per tal d'aplicar el test s'ha de dividir la població total que s'està estudiant en 2 submostres, estimar per regressió cadascuna, i juntament amb la total, definir un nou estadístic de prova que usa les SSE (suma de quadrats dels errors de cada estimació) i que es distribueix d'acord a una F de Senedecor amb k i $T-2k$ graus de llibertat a numerador i denominador, on k és el nombre de regressors del model +1 i T el nombre total d'observacions:

$$F_0 = \frac{\frac{SSE_T - (SSE_1 + SSE_2)}{k}}{\frac{SSE_1 + SSE_2}{T - 2k}}$$

Si l'estadístic F de prova té un valor inferior al valor crític d'una F per la significació escollida, normalment 5%, no es rebutjarà la hipòtesi nul·la i afirmarem que es compleix permanència estructural. Tal i com s'ha comentat en el contrast de reset, també es pot verificar el contrast mitjançant el p-valor: Si p-valor $\leq \alpha$ s'accepta H_A mentre que si el p-valor $> \alpha$ s'accepta H_0 .

4.1.2.3 Càlcul de factor d'increment de la variància (FIV)

El FIV és un mètode de detecció de multicol·linealitat entre les variables explicatives o regressors del model, que ens permet entendre si hi ha un grau molt o poc elevat de multicol·linealitat, i per tant si els efectes són greus pel que fa als estimadors que s'obtenen amb la regressió per MQO.

Per cada una de les variables explicatives o regressors com a variable dependent, s'estima un model de regressió amb la resta de variables explicatives o regressors, per tal de determinar-ne la correlació amb el càlcul del estadístic FIV amb el resultat del model estimat per cada variable explicativa:

$$FIV = \frac{1}{1 - R^2}$$

Es considera que amb $FIV > 5$ les conseqüències de la multicol·linealitat sobre els resultats del model de regressió lineal múltiple ja són rellevants.

4.1.2.4 Contrast de normalitat de Saphiro-Wilk

S'aplica el contrast de Saphiro-Wilk per a determinar si les dades del model s'ajusten a una distribució normal, i per tant, també ho farà el terme de pertorbació obtingut amb l'estimació. És un contrast adequat quan la mida de la mostra és inferior o igual a 50 observacions (UB, s.d)

Les hipòtesis nul·la i alternativa -o de rebuig- que es formulen en aquest test són:

H_0 : Segueix una distribució normal i H_A : No segueix una distribució normal

L'estadístic de prova és:

$$W = \frac{D^2}{nS^2}$$

l es refusarà la hipòtesi nul·la de normalitat si l'estadístic W és inferior al valor crític que s'obté de la taula elaborada per Saphiro i Wilks per la mida de la mostra i significació donada, en cas contrari no es refusarà i es confirmarà la normalitat de la mostra i terme de pertorbació. Tal i com s'ha comentat en el contrast de Reset, també es pot verificar el contrast mitjançant el p-valor: Si p-valor $\leq \alpha$ s'accepta H_A mentre que si el p-valor $> \alpha$ s'accepta H_0 .

4.1.2.5 Contrast de White

El contrast de White ens permet detectar la presència d'heteroscedasticitat, explicant la variabilitat del terme de pertorbació mitjançant tots els regressors o variables explicatives del model

Les hipòtesis nul·la i alternativa -o de rebuig- que es formulen en aquest test són:
 H_0 : homoscedasticitat i H_A : heteroscedasticitat

- S'estima el model original per MQO i s'obtenen els residus MQO (e_i)
- S'estima una nova regressió en que els residus MQO al quadrat són la variable endògena i les variables explicatives els regressors originals, els regressors al quadrat i els productes encreuats dos a dos:

$$e_i^2 = f(L, X_{2i}, \dots, X_{ki}, X_{2i}^2, \dots, X_{ki}^2, X_{2i}X_{3i}, \dots, X_{k-1i}X_{ki})$$

- Es calcula l'estadístic de prova amb els resultats: $N \cdot R^2 \sim \chi_{p-1}$

Finalment apliquem la regla de decisió, i si l'estadístic de prova és superior o igual a una khi-quadrat amb $p-1$ graus de llibertat amb la significació escollida, es rebutja la hipòtesi nul·la que indica la presència d'heteroscedasticitat. Tal i com s'ha comentat en el contrast de Reset, també es pot verificar el contrast mitjançant el p-valor: Si p-valor $\leq \alpha$ s'accepta H_A mentre que si el p-valor $> \alpha$ s'accepta H_0 .

4.1.2.6 Contrast de Box-Pierce

Mitjançant els contrastos de Ljung-Box i Box-Pierce es verifica la no presència d'autocorrelació en el terme de pertorbació

Les hipòtesis nul·la i alternativa -o de rebuig- que es formulen en aquest test són:
 H_0 : no-autocorrelació i H_A : autocorrelació

L'estadístic de prova es defineix

$$Q_p = T \sum_{s=1}^p \hat{\rho}_s^2$$

Finalment apliquem la regla de decisió, i si l'estadístic de prova és superior o igual a una khi-quadrat amb p graus de llibertat amb la significació escollida, es rebutja la hipòtesi nul·la i ens indicarà la presència d'autocorrelació en el terme de pertorbació. Tal i com s'ha comentat en el contrast de Reset, també es pot verificar el contrast mitjançant el p-valor: Si p-valor $\leq \alpha$ s'accepta H_A mentre que si el p-valor $> \alpha$ s'accepta H_0 .

4.2 Dades

Les dades amb observacions de la variable endògena i variables explicatives per a poder estimar el model de demanda de carn especificat provenen, i tal com està explicat a l'apartat [Dades model de demanda de regressió](#), de les fonts (OECD/FAO, 2018) i (Eurostat, s.d) i s'ha hagut d'aplicar diferents tractaments per a poder obtenir un conjunt d'observacions per a cada tipus de carn amb granularitat anual i a nivell de zona UE.

Per cada tipus de carn disposarem d'observacions del rang 2000-2017 amb el consum per càpita, els preus i els ingressos tant del propi bé com dels béns que en aquest estudi s'han considerat substituïtius (els altres tipus de carn). Vegem-ne una mostra pel cas del boví:

Taula 9: Extracció amb exemple d'observacions base del model de regressió boví

ANY	CARNGPERCAPITA	INGRESSOEUMITJA	PREUVEDELLAMIGxKG	PREUAUSMIGxKG	PREUPORCMIGxKG
2000	11,88832752	12870,38462	1,452254545	0,829805	1,13672
2001	11,34928954	13669,23077	1,340380645	1,031452381	1,394286667
...					

Font: Elaboració pròpia.

4.3 Resultats

Tal i com es presenta en l'apartat de metodologia de regressió, l'objectiu és estimar el model de demanda per cada tipus de carn usant la tècnica de mínims quadrats ordinaris -MQO-, i així disposar d'una equació per tipus de carn que s'usarà per a realitzar les projeccions d'impacte ambiental i econòmic en diferents escenaris de preus.

En els següents subapartats, es desenvolupa l'ajustament del model i validació d'hipòtesis bàsiques mitjançant els contrastos adients, per tal d'obtenir l'esmentada equació final.

4.3.1 Ajustament i validació del model per la carn de Boví

En la primera simulació s'observa que hi ha regressors que no són individualment significatius –p-valor superior a $\alpha=0,05$ - a l'hora d'explicar el comportament de la variable endògena:

```
> summary(RegVedellaModel.1)
```

```
Call:
lm(formula = CARNKGPERCAPITA ~ INGRESSOEUMITJA + PREUAUSMIGxKG +
  PREUPORCMIGxKG + PREUVEDELLAMIGxKG, data = VedellaModel)
```

```
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.39592 -0.09516  0.02787  0.07123  0.43077
```

```
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  18.3548661  1.0353598  17.728 1.73e-10 ***
INGRESSOEUMITJA -0.0001259  0.0000425  -2.962  0.01102 *
PREUAUSMIGxKG  0.6913610  0.7386352   0.936  0.36634
PREUPORCMIGxKG -2.3394307  0.7493535  -3.122  0.00810 **
PREUVEDELLAMIGxKG -1.7458753  0.4199397  -4.157  0.00113 **
```

```
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
Residual standard error: 0.2316 on 13 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.877,    Adjusted R-squared:  0.8391
F-statistic: 23.17 on 4 and 13 DF,  p-value: 8.147e-06
```

Font: Output R-commander. Primer ajustament del model de regressió múltiple pel cas de la carn de Boví

Pel que procedim a eliminar els regressors no significatius i repetim l'estimació fins que disposem d'un model on tots els regressors individuals tinguin una significació mínima del 5%

```
> summary(RegVedellaModel.2)
```

```
Call:
lm(formula = CARNKGPERCAPITA ~ INGRESSOEUMITJA + PREUPORCMIGxKG +
  PREUVEDELLAMIGxKG, data = VedellaModel)
```

```
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.38144 -0.11466  0.00736  0.14705  0.41343
```

```
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  1.842e+01  1.028e+00  17.910 4.77e-11 ***
INGRESSOEUMITJA -1.224e-04  4.216e-05  -2.904  0.011545 *
PREUPORCMIGxKG -2.143e+00  7.162e-01  -2.992  0.009698 **
PREUVEDELLAMIGxKG -1.512e+00  3.364e-01  -4.496  0.000503 ***
```

```
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
Residual standard error: 0.2305 on 14 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.8687,    Adjusted R-squared:  0.8405
F-statistic: 30.87 on 3 and 14 DF,  p-value: 1.99e-06
```

Font: Output R-commander. Ajustament final del model de regressió múltiple pel cas de la carn de Boví

En aquesta segona estimació, s'observa que tots els regressors són individualment significatius amb un p-valor associat al contrast t inferior a 0,05. El model és també globalment significatiu ja que el p-valor associat al contrast F amb un valor de 1.99e-06 és inferior a 0,05. El coeficient de determinació $R^2 = 0,8687$ ens està indicant que amb les variables explicatives considerades estem explicant el 86,87% de la variabilitat total de la variable endògena, pel que l'ajustament del model és prou bo.

El coeficient estimat pel paràmetre del preu de la vedella presenta el comportament esperat ja que si aquest augmenta 1 €, la variable endògena -els kg per càpita- disminuiran en -1,51 kg. Els ingressos tot i significatius, tenen un efecte que no era l'inicialment esperat ja que quan aquests augmentin, el consum de carn de boví disminuirà, mentre que s'esperava que fos a l'inrevés. El fet de treballar a nivell supranacional i atès que tot i compartir moneda, els ingressos als diferents països són molt diferents, poden estar afectant el comportament esperat. La carn de porc es comporta com un bé complementari no pas substitutiu, ja que si el preu de la carn de porc augmenta el consum de vedella disminueix.

Com que l'objecte d'estudi és el d'impactar sobre el preu del bé associat a la variable endògena per cada tipus i entendre l'efecte en el consum el model es considera vàlid. Es procedeix a contrastar el compliment de la resta de hipòtesis bàsiques.

Validació forma funcional (contrast de RESET): Amb un p-valor $> \alpha=0,05$ s'accepta la hipòtesis nul·la i per tant es confirma que la forma funcional lineal assumida del model és correcte

```
> resettest(CARNKGPERCAPITA ~ INGRESSOEUMITJA + PREUPORCMIGXKG + PREUVEDELLAMIGXKG,
+ power=2, type="regressor", data=vedellaModel)

RESET test
data: CARNKGPERCAPITA ~ INGRESSOEUMITJA + PREUPORCMIGXKG + PREUVEDELLAMIGXKG
RESET = 0.188, df1 = 3, df2 = 11, p-value = 0.9023
```

Font: Output R-commander. Contrast forma funcional RESET pel model de la carn de Boví

Validació permanència estructural (contrast de Chow): Apliquem en el punt 9, la meitat de la mostra ja que no sospitem de cap punt en particular. Com el p-valor $> \alpha=0,05$ s'accepta la hipòtesis de permanència estructural.

```
> sctest(CARNKGPERCAPITA~INGRESSOEUMITJA+PREUPORCMIGXKG+PREUVEDELLAMIGXKG, data=vedellaModel,
type="Chow", point=9)

Chow test
data: CARNKGPERCAPITA ~ INGRESSOEUMITJA + PREUPORCMIGXKG + PREUVEDELLAMIGXKG
F = 2.3715, p-value = 0.1222
```

Font: Output R-commander. Contrast Chow permanència estructural pel model de la carn de Boví

Validació absència multicol·linealitat entre regressors: Es realitza el càlcul del factor d'increment de la variància (FIV) amb el coeficient de determinació obtingut a l'ajustar un model de regressió lineal on un dels regressors és la variable endògena

```
> summary(RegModelMultiCo)

Call:
lm(formula = PREUVEDELLAMIGXKG ~ INGRESSOEUMITJA + PREUPORCMIGXKG,
    data = vedellaModel)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.42439 -0.07770  0.01297  0.10869  0.27032

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -5.306e-01  7.774e-01  -0.683  0.50531
INGRESSOEUMITJA  1.929e-05  3.197e-05   0.603  0.55526
PREUPORCMIGXKG  1.457e+00  4.008e-01   3.635  0.00244 **
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.1769 on 15 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.4695,    Adjusted R-squared:  0.3988
F-statistic: 6.638 on 2 and 15 DF,  p-value: 0.008613
```

Font: Output R-commander. Contrast multicol·linealitat entre regressors pel model de la carn de Boví

$$FIV = \frac{1}{1 - R^2} = \frac{1}{1 - 0,4695} = 1,8850141$$

Atès que FIV és < 5 i molt pròxim a 1 (fita inferior) es considera que ens trobem en la situació desitjable de quasi absència total de multicol·linealitat entre els regressors o variables explicatives del model.

Validació normalitat del terme de pertorbació: Amb un p-valor $> \alpha=0,05$ s'accepta la hipòtesis nul·la i per tant es confirma el terme de pertorbació segueix una distribució normal.

```
> shapiro.test(residuals(RegVedellaModel.2))

Shapiro-wilk normality test
data: residuals(RegVedellaModel.2)
W = 0.9808, p-value = 0.9576
```

Font: Output R-commander. Contrast normalitat terme pertorbació pel model de la carn de Boví

Validació compliment homoscedasticitat (contrast de White): Ajustem un nou model amb tots els regressors necessaris per a poder a realitzar el contrast de White.

```
> summary(RegModel.Testwhite)

Call:
lm(formula = RES2 ~ INGRES2 + INGRESSOEUMITJA + IngresXPreuPorc +
    IngresXPreuVedella + PREUPORC2 + PREUPORCMIGXKG + PreuPorcXPreuVedella +
    PREUVEDELLA2 + PREUVEDELLAMIGXKG, data = VedellaModel)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.063018 -0.011334 -0.001981  0.012909  0.083982

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  4.218e+00  6.000e+00   0.703  0.5020
INGRES2      2.330e-08  1.594e-08   1.462  0.1818
INGRESSOEUMITJA -1.033e-03  8.242e-04  -1.253  0.2456
IngresXPreuPorc  8.245e-04  5.871e-04   1.404  0.1978
IngresXPreuVedella -4.588e-04  2.899e-04  -1.583  0.1521
PREUPORC2     6.170e-01  1.870e+00   0.330  0.7499
```

```
PREUPORCMIGxKG      -4.870e+00  6.121e+00  -0.796  0.4492
PreuPorcXPreuVedella -5.290e+00  2.678e+00  -1.975  0.0837 .
PREUEDELLA2         1.765e+00  8.353e-01  2.113  0.0675 .
PREUEDELLAMIGxKG    7.974e+00  5.589e+00  1.427  0.1915
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.04806 on 8 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.6092,    Adjusted R-squared:  0.1695
F-statistic: 1.386 on 9 and 8 DF,  p-value: 0.3282
```

Font: Output R-commander. Contrast de White de homoscedasticitat (no presència de perturbacions heterocedàstiques) pel model de la carn de Boví

Calculem ara l'estadístic de prova: $N \cdot R^2 \sim \chi_{p-1, \alpha}^2 \rightarrow N \cdot R^2 = 18 \cdot 0.6092 = 10,9656$ i com el valor d'una khi-quadrat amb 9 graus de llibertat i significació 0,05 a la dreta val $\chi_{9,0,05}^2 = 16,919$ no rebutgem la hipòtesis nul·la i podem concloure que el terme de perturbació del model compleix la hipòtesi desitjada d'homoscedasticitat.

Validació compliment no autocorrelació del terme de perturbació (Contrast de Box Pierce)

```
> Box.test(VedellaModel$residuals.RegvedellaModel.2, lag=1, type="Box-Pierce")

Box-Pierce test
data:  vedellaModel$residuals.RegvedellaModel.2
X-squared = 2.3042, df = 1, p-value = 0.129
```

Font: Output R-commander. Contrast de Box Pierce de no autocorrelació terme de perturbació pel model de la carn de Boví

El valor d'una khi-quadrat amb 1 grau de llibertat (el nombre de retards, aquí ordre 1) amb un nivell de significació al 5% és $\rightarrow \chi_{1,0,05}^2 = 3,841$ i com el valor de $Q = 2,3042 < 3,841$ no rebutgem la hipòtesis nul·la i per tant el terme de perturbació no presenta autocorrelació d'ordre 1.

Equació model final estimat per la carn de Boví:

Finalment, un cop validades totes les hipòtesis i d'acord als resultats obtinguts, el model que recull el comportament de la variable Y del consum de carn de Boví en kg per càpita a la zona UE-28 i que podrem usar per a fer projeccions és:

$$Y \text{ (consum de carn boví per càpita kg)} = 18,42 - 0,00012240 \cdot \text{INGRESOEU MITJA} - 1,512 \cdot \text{PREUEDELLAMIGxKG} - 2,143 \cdot \text{PREUPORCMIGxKG}$$

Font: Elaboració pròpia. Equació Model final estimat per la carn de Boví

4.3.2 Ajustament i validació del model per la carn de Porc

En el supòsit de la carn de Porc, i com ens ha succeït amb la carn de Boví no tots els regressors del model base presenten significació individual a l'hora d'explicar el comportament de la variable endògena. Presentem directament el resultat del model estimat on tots els regressors individuals són significatius com a mínim al 5%

```
> summary(RegPorcModel.2)

Call:
lm(formula = CARNKGPERCAPITA ~ PREUAUSMIGxKG + PREUPORCMIGxKG +
    PREUEDELLAMIGxKG, data = PorcModel)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.48184 -0.28477 -0.00994  0.24264  0.55872

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)   37.0377     1.0496   35.289 4.42e-15 ***
PREUAUSMIGxKG  2.8884     1.1512    2.509 0.02502 *
PREUPORCMIGxKG -3.2165     1.1239   -2.862 0.01255 *
PREUEDELLAMIGxKG -2.1296     0.6553   -3.250 0.00581 **
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.3622 on 14 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.7247,    Adjusted R-squared:  0.6657
F-statistic: 12.28 on 3 and 14 DF,  p-value: 0.0003284
```

Font: Output R-commander. Ajustament final del model de regressió múltiple pel cas de la carn de Porc

Observem que tal i com tots els regressors són individualment significatius al 5%, també ho és el model a nivell global amb un p-valor associat al contrast F inferior també al 5%. Respecte a la bondat de l'ajust, amb un valor $R^2 = 0,7247$, les variables explicatives o regressors escollits ens expliquen el 72,47% de la variabilitat total de la variable endògena, per tant el considerem prou bo i continuem amb les validacions d'hipòtesis.

Afegir que, en el cas de la carn de Porc, el coeficient de la carn d'Aus presenta el comportament esperat com a producte substitutiu, ja que si el preu d'Aus puja 1 € hi haurà un increment en el consum de carn de Porc de 2,8884 kg per càpita. En el cas de la carn de boví s'observa el comportament de producte complementari vist al model anterior.

Validació forma funcional (contrast de RESET): Amb un p-valor $> \alpha=0,05$ s'accepta la hipòtesis nul·la i per tant que la forma funcional lineal assumida del model és correcte

```
> resettest(CARNKGPERCAPITA ~ PREUAUSMIGXKG + PREUPORCMIGXKG + PREUVEDELLAMIGXKG,
+ power=2, type="regressor", data=PorcModel)

RESET test
data: CARNKGPERCAPITA ~ PREUAUSMIGXKG + PREUPORCMIGXKG + PREUVEDELLAMIGXKG
RESET = 0.7598, df1 = 3, df2 = 11, p-value = 0.5397
```

Font: Output R-commander. Contrast forma funcional RESET pel model de la carn de Porc

Validació permanència estructural (contrast de Chow): Apliquem en el punt 9, la meitat de la mostra ja que no sospitem de cap punt en particular. Atès que el p-valor $> \alpha=0,05$ s'accepta la hipòtesis de permanència estructural.

```
> sctest(CARNKGPERCAPITA ~ PREUAUSMIGXKG + PREUPORCMIGXKG + PREUVEDELLAMIGXKG, data= PorcModel,
type="Chow", point=9)

Chow test
data: CARNKGPERCAPITA ~ PREUAUSMIGXKG + PREUPORCMIGXKG + PREUVEDELLAMIGXKG
F = 0.6904, p-value = 0.6151
```

Font: Output R-commander. Contrast Chow permanència estructural pel model de la carn de Porc

Validació absència multicol·linealitat entre regressors: Realitzem un contrast usant els regressors del model com a variable endògena i per a poder realitzar el càlcul del FIV amb el coeficient de determinació obtingut.

```
> summary(RegModelMultiCoPorc)

Call:
lm(formula = PREUPORCMIGXKG ~ PREUAUSMIGXKG + PREUVEDELLAMIGXKG,
    data = PorcModel)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.14286 -0.03750  0.00420  0.02758  0.18775

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)    0.6448    0.1744   3.696  0.00215 **
PREUAUSMIGXKG  0.2736    0.2549   1.073  0.30002
PREUVEDELLAMIGXKG 0.2086    0.1406   1.484  0.15856
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.08322 on 15 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.4954,    Adjusted R-squared:  0.4281
F-statistic: 7.363 on 2 and 15 DF,  p-value: 0.005918
```

Font: Output R-commander. Contrast multicol·linealitat entre regressors pel model de la carn de Porc

$$FIV = \frac{1}{1 - R^2} = \frac{1}{1 - 0,4954} = 1,98176773$$

Atès que FIV és < 5 i molt pròxim a 1 (fita inferior), tal i com ha succeït en el cas del model del Boví, es considera que ens trobem en la situació desitjable de quasi absència total de multicol·linealitat entre els regressors del model.

Validació normalitat del terme de pertorbació: Amb un p-valor $> \alpha=0,05$ s'accepta la hipòtesis nul·la i per tant que el terme de pertorbació segueix una distribució normal.

```
> shapiro.test(residuals(RegPorcModel.2))

Shapiro-wilk normality test
data: residuals(RegPorcModel.2)
W = 0.9552, p-value = 0.512
```

Font: Output R-commander. Contrast normalitat terme pertorbació pel model de la carn de Porc

Validació compliment homoscedasticitat (contrast de White): Ajustem un nou model amb tots els regressors necessaris per a poder a realitzar el contrast de White.

```
> summary(RegModel.TestWhitePorc)

Call:
lm(formula = RES2 ~ PREUAUS2 + PREUAUSMIGXKG + AusXPreuPorc +
    AusXPreuVedella + PREUPORC2 + PREUPORCMIGXKG + PreuPorcXPreuVedella +
    PREUVEDELLA2 + PREUVEDELLAMIGXKG, data = PorcModel)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.11069 -0.03003 -0.01272  0.01220  0.13462
```



```

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)    2.4599    3.6291    0.678  0.5170
PREUAUS2      -2.5920    3.4432   -0.753  0.4731
PREUAUSMIGxKG -2.0143    3.9495   -0.510  0.6238
AusXPreuPorc  -7.6384    5.6668   -1.348  0.2146
AusXPreuVedella 11.0404    4.3645    2.530  0.0353 *
PREUPORC2      3.8328    3.4569    1.109  0.2998
PREUPORCMIGxKG -0.7342    8.0235   -0.092  0.9293
PreuPorcXPreuVedella -0.4533    2.3415   -0.194  0.8513
PREUVEDELLA2  -3.3172    1.7419   -1.904  0.0933 .
PREUVEDELLAMIGxKG -0.9950    3.7810   -0.263  0.7991
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.08246 on 8 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.6477,    Adjusted R-squared:  0.2514
F-statistic: 1.634 on 9 and 8 DF,  p-value: 0.2502
    
```

Font: Output R-commander. Contrast de White de homoscedasticitat (no presència de perturbacions heterocedàstiques) pel model de la carn de Porc

Com que l'estadístic de prova $N \cdot R^2 \sim \chi_{p-1; \alpha}^2 \rightarrow N \cdot R^2 = 18 \cdot 0.6477 = 11,6586$ i sabem que el valor crític de la khi-quadrat amb 9 graus de llibertat i significació 0,05 a la dreta val $\chi_{9; 0,05} = 16,919$, al ser inferior el valor l'estadístic de prova, no rebutgem la hipòtesis nul·la i es confirma la no presència de perturbacions heterocedàstiques.

Validació compliment no autocorrelació del terme de perturbació (Contrast de Box Pierce)

```

> Box.test(PorcModel$residuals, RegPorcModel.2, lag=1, type="Box-Pierce")

Box-Pierce test
data: PorcModel$residuals.RegPorcModel.2
X-squared = 0.4898, df = 1, p-value = 0.484
    
```

Font: Output R-commander. Contrast de Box Pierce de no autocorrelació terme de perturbació pel model de la carn de Porc

El valor d'una khi-quadrat amb 1 grau de llibertat amb un nivell de significació al 5% és $\rightarrow \chi_{1; 0,05} = 3,841$ i atès que el valor de $Q = 0,4898 < 3,841$ no rebutgem la hipòtesis nul·la i per tant el terme de perturbació no presenta autocorrelació d'ordre 1.

Equació model final estimat per la carn de Porc:

Finalment, un cop validades totes les hipòtesis i d'acord als resultats obtinguts, el model que recull el comportament de la variable Y del consum de carn de Porc en kg per càpita a la zona UE-28 i que podem usar per a fer projeccions és:

$$Y \text{ (consum de carn Porc per càpita kg)} = 37,0377 + 2,8884 \cdot \text{PREUAUSMIGxKG} - 3,2165 \cdot \text{PREUPORCMIGxKG} - 2,1296 \cdot \text{PREUVEDELLAMIGxKG}$$

Font: Elaboració pròpia. Equació Model final estimat per la carn de Porc

4.3.3 Ajustament i validació del model per la carn d'aus

En el cas del tipus de carn d'aus, el primer ajustament del model amb tots els regressors produeix uns resultats en que només un dels regressors presenta significació estadística individual a l'hora d'explicar el comportament de la variable endògena, concretament el preu de la carn de boví.

```

> summary(RegAusModel.1)

Call:
lm(formula = CARNKGPERCAPITA ~ INGRESSOEUMITJA + PREUAUSMIGxKG +
    PREUPORCMIGxKG + PREUVEDELLAMIGxKG, data = AusModel)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.5196 -0.8085 -0.1177  0.5134  2.5695

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  5.3785509  5.4955586   0.979  0.3456
INGRESSOEUMITJA 0.0003749  0.0002256   1.662  0.1204
PREUAUSMIGxKG  -1.9385247  3.9205817  -0.494  0.6292
PREUPORCMIGxKG  2.1316457  3.9774733   0.536  0.6011
PREUVEDELLAMIGxKG 5.6060996  2.2289867   2.515  0.0258 *
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1.229 on 13 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.6032,    Adjusted R-squared:  0.481
F-statistic: 4.94 on 4 and 13 DF,  p-value: 0.01211
    
```

Font: Output R-commander. Ajustament model Aus amb tots els regressors per la carn d'Aus

Provant les diferents combinacions de regressors només se n'ha trobat dues en que els regressors presentin significació estadística a nivell individual: El preu de la carn d'au i la de boví (per separat)

```
> summary(RegAusModel.3)

Call:
lm(formula = CARNKGPERCAPITA ~ PREUAUSMIGxKG, data = AusModel)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.9032 -0.8554 -0.3660  0.2672  3.4854

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)    13.091      3.139   4.171 0.000722 ***
PREUAUSMIGxKG  7.045       2.895   2.433 0.027063 *
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1.502 on 16 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.2701,    Adjusted R-squared:  0.2245
F-statistic: 5.921 on 1 and 16 DF,  p-value: 0.02706

Font: Output R-commander. Ajustament model demanda carn d'aus amb regressor preu carn d'aus
```

```
> summary(RegAusModel.8)

Call:
lm(formula = CARNKGPERCAPITA ~ PREUVEDELLAMIGxKG, data = AusModel)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.7508 -0.8471 -0.1084  0.4965  2.7765

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)    11.997      2.126   5.643 3.66e-05 ***
PREUVEDELLAMIGxKG  5.366       1.302   4.122 0.000798 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1.225 on 16 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.515,    Adjusted R-squared:  0.4847
F-statistic: 16.99 on 1 and 16 DF,  p-value: 0.0007985

Font: Output R-commander. Ajustament model demanda carn d'aus amb regressor preu carn de boví
```

A la vista dels resultats de l'ajustament, en el cas de la carn d'aus escollirem -per explicar el consum- el preu de la carn de boví com a regressor, enlloc del preu del propi bé. Així podrem observar l'efecte substitutiu. En aquest model, quan el preu de boví puja 1 €, el consum de carn d'aus o fa en 5,366 kg per càpita. Aquest model és globalment significatiu, malgrat que la bondat de l'ajust no és massa bona, ja que amb un coeficient de determinació $R^2=0.515$ el regressor escollit només explica el 51,5% de la variabilitat total de la variable endògena.

Malgrat el coeficient de determinació baix, seguirem endavant amb les validacions aplicables (per exemple la multicol·linealitat amb un sol regressor no es produeix, i per tant no s'ha de validar) ja que és interessant disposar d'equacions de demanda pels tres tipus de carn per observar els efectes en el consum i l'impacte econòmic / ambiental al realitzar projeccions, i en el cas de la carn d'aus en concret, serà interessant d'analitzar l'efecte substituïu en que baixará el consum de boví però pujará el consum d'aus quan impactem el preu de la carn boví.

Validació forma funcional (contrast de RESET): Amb un p-valor $> \alpha=0,05$ s'accepta la hipòtesis nul·la i per tant que la forma funcional lineal assumida del model és correcte

```
> resettest(CARNKGPERCAPITA ~ PREUVEDELLAMIGxKG, power=2, type="regressor",
+ data=AusModel)

RESET test
data: CARNKGPERCAPITA ~ PREUVEDELLAMIGxKG
RESET = 0.0023, df1 = 1, df2 = 15, p-value = 0.9627

Font: Output R-commander. Contrast forma funcional RESET pel model de la carn d'aus
```

Validació permanència estructural (contrast de Chow): Apliquem en el punt 9, la meitat de la mostra ja que no sospitem de cap punt en particular. Atès que el p-valor $> \alpha=0,05$ s'accepta la hipòtesis de permanència estructural.

```
> sctest(CARNKGPERCAPITA ~ PREUVEDELLAMIGxKG, data= AusModel, type="chow", point=9)

Chow test
data: CARNKGPERCAPITA ~ PREUVEDELLAMIGxKG
F = 1.6551, p-value = 0.2264

Font: Output R-commander. Contrast Chow permanència estructural pel model de la carn d'aus
```

Validació normalitat del terme de pertorbació: Amb un p-valor $> \alpha=0,05$ s'accepta la hipòtesis nul·la i per tant el terme de pertorbació segueix una distribució normal.

```
> shapiro.test(residuals(RegAusModel.8))

      Shapiro-wilk normality test
data:  residuals(RegAusModel.8)
W = 0.9341, p-value = 0.2294
```

Font: Output R-commander. Contrast normalitat terme pertorbació pel model de la carn d'aus

Validació compliment homoscedasticitat (contrast de White): Ajustem un nou model amb tots els regressors necessaris per a poder a realitzar el contrast de White.

```
> summary(RegModel.TestWhiteAus)

Call:
lm(formula = RES2 ~ PREUEDELLA2 + PREUEDELLAMIGXKG, data = AusModel)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.9669 -1.2475 -0.4495  0.4259  5.7367

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)    -22.549     29.656  -0.760   0.459
PREUEDELLA2     -7.425     11.467  -0.648   0.527
PREUEDELLAMIGXKG  27.000     37.161  0.727   0.479

Residual standard error: 2.075 on 15 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.1301,    Adjusted R-squared:  0.01415
F-statistic: 1.122 on 2 and 15 DF,  p-value: 0.3515
```

Font: Output R-commander. Contrast de White de homoscedasticitat (no presència de perturbacions heterocedàstiques) pel model de la carn d'aus

Com que l'estadístic de prova $N \cdot R^2 \sim \chi_{p-1; \alpha}^2 \rightarrow N \cdot R^2 = 18 \cdot 0.1301 = 2,3418$ i sabem que el valor crític de la khi-quadrat amb 9 graus de llibertat i significació 0,05 a la dreta val $\chi_{9; 0,05}^2 = 16,919$, al ser inferior el valor l'estadístic de prova, no rebutgem la hipòtesis nul·la i es confirma la no presència de perturbacions heterocedàstiques.

Validació compliment no autocorrelació del terme de pertorbació (Contrast de Box Pierce)

```
> Box.test(AusModel$residuals.RegAusModel.8, lag=1, type="Box-Pierce")

      Box-Pierce test
data:  AusModel$residuals.RegAusModel.8
X-squared = 4.8412, df = 1, p-value = 0.02779
```

Font: Output R-commander. Contrast de Box Pierce de no autocorrelació terme de pertorbació pel model de la carn d'aus

El resultat del contrast ens indica que hi ha presència de perturbacions autocorrelacionades segons un esquema AR(1), pel que tractarem de transformar el model inicial a un altre model amb perturbacions no autocorrelacionades seguint el mètode de Cochrane-Orcutt tal i com s'especifica al mòdul d'incompliment de les hipòtesis bàsiques del terme d'error (Barrio, Clar, Suriñach, s.d, pàg. 84)

A partir de l'estadístic Durbin-Watson

```
> dwtest(CARNKGPERCAPITA ~ PREUEDELLAMIGXKG, alternative="two.sided", data=AusModel)

      Durbin-Watson test
data:  CARNKGPERCAPITA ~ PREUEDELLAMIGXKG
DW = 0.5138, p-value = 1.949e-05
alternative hypothesis: true autocorrelation is not 0
```

Font: Output R-commander. Obtenició de l'estadístic Durbin-Watson

Obtenim l'estimació del valor de coeficient d'autocorrelació simple de primer ordre $\hat{\rho}_1$, que usem per a poder transformar la variable endògena i regressors amb aquest coeficient:

$$\hat{\rho}_1 = 1 - \frac{DW}{2} = 1 - \frac{0,5138}{2} = 0,7431$$

```
> AusModel$CARNKGPERCAPITA_AST <- with(AusModel, c(NA, CARNKGPERCAPITA[2:18]) - 0.7431*c(NA, CARNKGPERCAPITA[1:17]))
> AusModel$PREUEDELLAMIGXKG_AST <- with(AusModel, c(NA, PREUEDELLAMIGXKG[2:18]) - 0.7431*c(NA, PREUEDELLAMIGXKG[1:17]))
```

Font: Elaboració pròpia. Instruccions R per transformar variables amb coeficient d'autocorrelació simple

Finalment ja podem estimar un nou model de regressió amb les noves variables transformades i amb el terme de pertorbació autocorrelacionat

```
> summary(RegAusModelCochraneOrcutt)

Call:
lm(formula = CARNKGPERCAPITA_AST ~ PREUEDELLAMIGXKG_AST, data = AusModel)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.3429 -0.3192 -0.1163  0.5941  1.3005
```

```

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)    5.1690    0.7857    6.579 8.75e-06 ***
PREUVEDELLAMIGxKG_AST  1.0517    1.7755    0.592  0.562
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.7113 on 15 degrees of freedom
(1 observation deleted due to missingness)
Multiple R-squared:  0.02286,    Adjusted R-squared:  -0.04229
F-statistic: 0.3508 on 1 and 15 DF,  p-value: 0.5625
    
```

Font: Output R-commander. Model d'aus estimat pel mètode de Cochrane-Orcutt

I podem verificar que el nou model compleix la hipòtesi de no autocorrelació del terme de pertorbació a l'obtenir un valor Q=3,5569 que és inferior al valor d'una khi-quadrat amb 1 grau de llibertat amb un nivell de significació al 5% $\chi^2_{1;0,05}=3,841$

```

> Box.test(AusModel$residuals.RegAusModelCochraneOrcutt, lag=1, type="Box-Pierce")

Box-Pierce test
data: AusModel$residuals.RegAusModelCochraneOrcutt
X-squared = 3.5569, df = 1, p-value = 0.0593
    
```

Font: Output R-commander. Contrast de Box Pierce de no autocorrelació terme de pertorbació pel model de la carn d'aus

Abans de presentar l'equació final cal matissar que l'estimació del coeficient B_0 (Intercept) obtingut pel mètode Cochrane-output no requereix transformació, pel que anul·lem l'efecte del coeficient d'autocorrelació amb el següent càlcul:

$$\text{Intercept} = \frac{5,1690}{1-0,7431} = 20,1206$$

Equació model final estimat per la carn d'Aus:

Finalment, un cop validades totes les hipòtesis i d'acord als resultats obtinguts en el model estimat pel mètode Cochrane-Orcutt, l'equació que recull el comportament de la variable Y del consum de carn d'aus en kg per càpita a la zona UE-28 i que podrem usar per a fer projeccions és:

$$Y \text{ (consum de carn Aus per càpita kg)} = 20,1206 + 1,0517 * \text{PREUVEDELLAMIGxKG}$$

Font: Elaboració pròpia. Equació Model final estimat per la carn d'aus

4.4 Projeccions

Un cop estimats els models de demanda per cada tipus de carn estem en condicions de simular diferents escenaris i per tal de poder predir els impactes econòmics i ambientals d'acord als costos calculats a l'apartat d'externalitats. Simulem 4 escenaris de preus: +0,30 €/kg, +0,60 €/kg, +0,90 €/kg i +1,20 €/kg on per a cada tipus de carn i seguint un escenari *ceteris paribus*, s'impacta només una de les variables de preus i es deixa la resta de regressors amb valors fixes a l'escenari d'observacions base 2017, per observar les variacions en consum de carn.

El resultat en consum de kg/càpita per a cada tipus i escenari de preus és el següent:

Taula 10: Resum consums per càpita al projectar diferents escenaris de preus amb els models estimats per tipus de carn

	Predicció consum boví per càpita (Impacte preu boví)	Diferència respecte Base	Predicció consum porc per càpita (Impacte preu porc)	Diferència respecte Base	Predicció consum aus per càpita (Impacte preu boví)	Diferència respecte Base	Unitats
Escenari Base 2017	10,88459372		32,10021602		21,97406509 *		Kg/càpita
+0,30 €/kg	10,4713206	-0,41327	30,89503296	-1,205183057	22,28957509	0,31551	Kg/càpita
+0,60 €/kg	10,0177206	-0,86687	29,93008296	-2,170133057	22,60508509	0,63102	Kg/càpita
+0,90 €/kg	9,564120597	-1,32047	28,96513296	-3,135083057	22,92059509	0,94653	Kg/càpita
+1,20 €/kg	9,110520597	-1,77407	28,00018296	-4,100033057	23,23610509	1,26204	Kg/càpita

Font: Elaboració pròpia.

* En el cas de la carn d'aus utilitzem el valor projectat enlloc del real per l'escenari base 2017, ja que l'ajustament del model i com ja hem comentat en el seu desenvolupament, no presenta una bona de qualitat, la determinació és molt baixa, però és interessant observar l'efecte d'increment de carn d'aus quan s'impacta el preu de la vedella. Si s'usa el valor real de l'any base: 24,23 kg/càpita, no

L'economia de la carn: creixement insostenible

és pot observar aquest efecte incremental en el consum amb les projeccions dels diferents escenaris de preus, ja que els valors projectats en consum de carn per càpita per tots els escenaris són inferiors al valor real del 2017.

On d'acord a la població projectada per la zona UE-28 en diferents dècades, ens permet projectar el següent efecte en unitats (caps) de bestiar per a cada tipus d'animal, i se'n pot extreure que amb els consums projectats, efectivament els caps de boví i porc disminueixen i que els d'aus com a substitutius, quan disminueix el preu de boví augmenten, perquè es consumeix més carn d'aquest tipus.

Taula 11: Projeccions població UE-28 (Eurostat, 2018) proj_15npms

	Unitats	2020	2030	2040	2050
Població	persones	515.591.288	523.827.302	528.357.270	528.567.808

Font: Elaboració pròpia.

Taula 12: Efectes en caps de bestiar per tipus de carn al projectar diferents escenaris de preus amb els models de regressió estimats

EFECTE CONSUM CAPS BESTIAR		Unitats	Població 2020	Població 2030	Població 2040	Població 2050
Boví	+0,30 €/kg	Caps	-628.925,68	-638.972,09	-644.497,81	-644.754,63
	+0,60 €/kg	Caps	-1.319.221,46	-1.340.294,60	-1.351.885,23	-1.352.423,93
	+0,90 €/kg	Caps	-2.009.517,23	-2.041.617,10	-2.059.272,65	-2.060.093,22
	+1,20 €/kg	Caps	-2.699.813,01	-2.742.939,60	-2.766.660,07	-2.767.762,52
Porc	+0,30 €/kg	Caps	-8.046.903,45	-8.175.444,05	-8.246.143,87	-8.249.429,77
	+0,60 €/kg	Caps	-14.489.791,48	-14.721.250,25	-14.848.557,08	-14.854.473,88
	+0,90 €/kg	Caps	-20.932.679,50	-21.267.056,45	-21.450.970,28	-21.459.517,99
	+1,20 €/kg	Caps	-27.375.567,53	-27.812.862,66	-28.053.383,49	-28.064.562,10
Aus	+0,30 €/kg	Caps	66.495.343,07	67.557.534,36	68.141.760,24	68.168.913,14
	+0,60 €/kg	Caps	132.990.686,13	135.115.068,72	136.283.520,49	136.337.826,28
	+0,90 €/kg	Caps	199.486.029,20	202.672.603,07	204.425.280,73	204.506.739,42
	+1,20 €/kg	Caps	265.981.372,26	270.230.137,43	272.567.040,97	272.675.652,55

Font: Elaboració pròpia.

Així mateix, és possible calcular l'impacte ambiental en Kg de CO₂eq com a efecte de la reducció del consum per a cada tipus de carn:

Taula 13: Efectes ambientals carn de boví en diferents escenaris de preus usant model estimat

IMPACTE AMBIENTAL – Boví Emissions kg de CO ₂ eq *	Unitats	Població 2020	Població 2030	Població 2040	Població 2050	% modificació emissions
base 2017 real	Kg CO ₂ eq	82.833.145.024,86	84.156.315.058,89	84.884.084.330,87	84.917.908.650,81	
+0,30 €/kg	Kg CO ₂ eq	79.688.083.902,10	80.961.014.981,28	81.661.151.850,27	81.693.691.907,09	-3,80%
+0,60 €/kg	Kg CO ₂ eq	76.236.130.108,53	77.453.919.953,88	78.123.728.071,03	78.154.858.547,31	-7,96%
+0,90 €/kg	Kg CO ₂ eq	72.784.176.314,95	73.946.824.926,48	74.586.304.291,79	74.616.025.187,53	-12,13%
+1,20 €/kg	Kg CO ₂ eq	69.332.222.521,38	70.439.729.899,07	71.048.880.512,56	71.077.191.827,75	-16,30%

Font: Elaboració pròpia.

* 14,76 kg CO₂eq per kg de carn i d'acord a (FAOSTAT,2018) per l'any 2016

Taula 14: Efectes ambientals carn de porc en diferents escenaris de preus usant model estimat

IMPACTE AMBIENTAL – Porc Emissions kg de CO ₂ eq *	Unitats	Població 2020	Població 2030	Població 2040	Població 2050	% modificació emissions
base 2017 real	Kg CO ₂ eq	25.487.911.253,16	25.895.053.109,12	26.118.989.054,22	26.129.396.859,75	
+0,30 €/kg	Kg CO ₂ eq	24.530.983.150,83	24.922.839.113,81	25.138.367.520,26	25.148.384.571,07	-3,75%

+0,60 €/kg	Kg CO ₂ eq	23.764.802.638,26	24.144.419.695,01	24.353.216.464,82	24.362.920.651,32	-6,76%
+0,90 €/kg	Kg CO ₂ eq	22.998.622.125,69	23.366.000.276,21	23.568.065.409,38	23.577.456.731,58	-9,77%
+1,20 €/kg	Kg CO ₂ eq	22.232.441.613,13	22.587.580.857,41	22.782.914.353,95	22.791.992.811,83	-12,77%

Font: Elaboració pròpia.

* 1,54 kg CO₂eq per kg de carn i d'acord a (FAOSTAT,2018) per l'any 2016

Taula 15: Efectes ambientals carn d'aus en diferents escenaris de preus usant model estimat

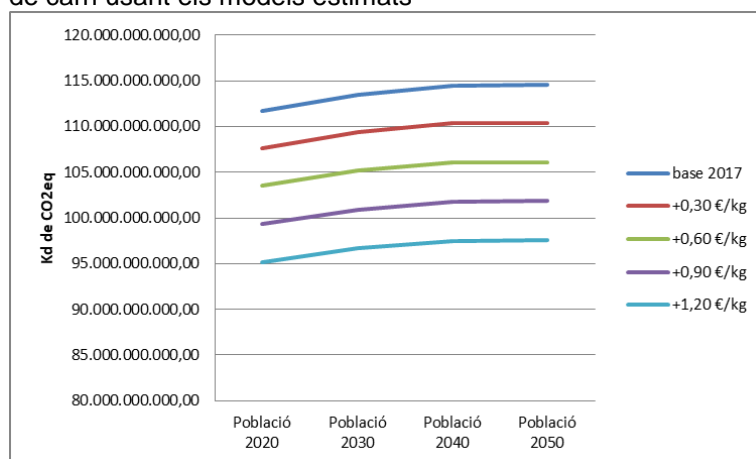
IMPACTE AMBIENTAL – Aus Emissions kg de CO₂eq *	Unitats	Població 2020	Població 2030	Població 2040	Població 2050	% modificació emissions
base 2017 real	Kg CO ₂ eq	3.398.890.956,45	3.453.184.568,76	3.483.047.112,26	3.484.435.024,98	
+0,30 €/kg	Kg CO ₂ eq	3.447.693.218,63	3.502.766.394,37	3.533.057.712,94	3.534.465.553,71	1,44%
+0,60 €/kg	Kg CO ₂ eq	3.496.495.480,81	3.552.348.219,99	3.583.068.313,62	3.584.496.082,44	2,87%
+0,90 €/kg	Kg CO ₂ eq	3.545.297.742,99	3.601.930.045,61	3.633.078.914,29	3.634.526.611,17	4,31%
+1,20 €/kg	Kg CO ₂ eq	3.594.100.005,18	3.651.511.871,22	3.683.089.514,97	3.684.557.139,90	5,74%

Font: Elaboració pròpia.

* 0,30 kg CO₂eq per kg de carn i d'acord a (FAOSTAT,2018) per l'any 2016

Gràficament i combinant els efectes ambientals en Kg de CO₂eq dels tres tipus de carn

Gràfic 15: Gràfic resum efectes ambientals combinats pels diferents escenaris de preus i tipus de carn usant els models estimats



Font: Elaboració pròpia.

Finalment i tal com havíem presentat a la secció d'externalitats del sector bestiar, i amb els costos associats per kg i tipus de carn és possible calcular l'impacte econòmic dels diferents escenaris. De manera combinada pels tres tipus de carn l'efecte econòmic total –en aquest cas els valors negatius indiquen disminució/estalvi- és:

Taula 16: Efectes econòmics combinats pels diferents escenaris de preus i tipus de carn usant els models estimats

IMPACTE Econòmic - d'acord costos calculats de (Compassion, 2016) i escenari 2020 i 2030 (Stiglitz et al., 2017)		Valor econòmic de la reducció consum Població 2020	Valor econòmic de la reducció consum Població 2030	Valor econòmic de la reducció consum Població 2040	Valor econòmic de la reducció consum Població 2050
Escenari cost 2020 *	+0,30 €/kg	-211.536.107,69 €	-214.915.168,55 €	-216.773.717,80 €	-216.860.097,05 €
	+0,60 €/kg	-429.140.259,05 €	-435.995.311,23 €	-439.765.723,35 €	-439.940.959,69 €
	+0,90 €/kg	-646.744.410,42 €	-657.075.453,91 €	-662.757.728,90 €	-663.021.822,34 €
	+1,20 €/kg	-864.348.561,78 €	-878.155.596,58 €	-885.749.734,45 €	-886.102.684,98 €

Escenari cost 2030 **	+0,30 €/kg	-264.420.134,61 €	-268.643.960,69 €	-270.967.147,25 €	-271.075.121,31 €
	+0,60 €/kg	-536.425.323,82 €	-544.994.139,04 €	-549.707.154,19 €	-549.926.199,62 €
	+0,90 €/kg	-808.430.513,02 €	-821.344.317,38 €	-828.447.161,13 €	-828.777.277,92 €
	+1,20 €/kg	-1.080.435.702,23 €	-1.097.694.495,73 €	-1.107.187.168,07 €	-1.107.628.356,23 €
Compassion ***	+0,30 €/kg	-1.045.062.817,64 €	-1.061.756.567,51 €	-1.070.938.454,86 €	-1.071.365.198,76 €
	+0,60 €/kg	-1.928.447.715,14 €	-1.959.252.584,71 €	-1.976.195.862,54 €	-1.976.983.330,32 €
	+0,90 €/kg	-2.811.832.612,63 €	-2.856.748.601,90 €	-2.881.453.270,22 €	-2.882.601.461,87 €
	+1,20 €/kg	-3.695.217.510,12 €	-3.754.244.619,10 €	-3.786.710.677,90 €	-3.788.219.593,43 €

Font: Elaboració pròpia.

* Càlculs cost carboni carn basat en escenaris (Stiglitz et al., 2017) per 2020: 0,7703256 €/kg boví, 0,0803209 €/kg porc i 0,0154593 €/kg aus

** Càlculs cost carboni carn basat en escenaris (Stiglitz et al., 2017) per 2030: 0,9629070 €/kg boví, 0,1004011 €/kg porc i 0,0154593 €/kg aus

*** Càlcul cost externalitats d'acord (Compassion, 2016): 0,9362737 €/kg boví, 1,4624743 €/kg porc i 0,3884663 €/kg aus

5. MODELS PER A LA SOSTENIBILITAT DEL SECTOR BESTIAR

5.1 L'economia circular

En la simulació quantitativa realitzada hem aplicat una solució d'economia neoclàssica –pròxim als plantejaments de l'economia ambiental- a les externalitats, on s'ha fet us de tècniques econòmiques per poder simular un impost pigouvià com a potencial solució de les externalitats de la carn. Tot i que s'observa una efectivitat en la reducció del consum, els seus efectes –en quan a reducció- són limitats i no resolen els problemes de base de les externalitats, ja que només disminueixen el consum en un percentatge, però no milloren l'activitat en si mateixa per a fer-la més sostenible.

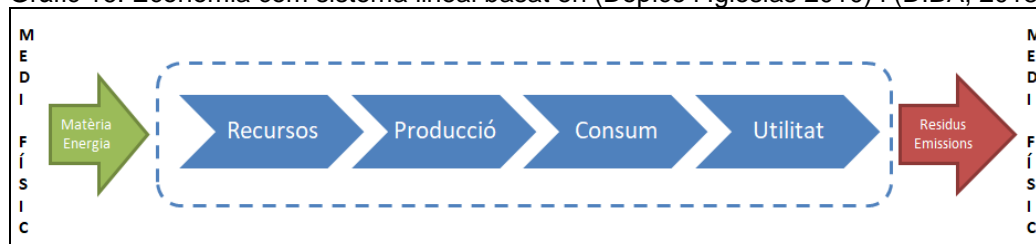
És per això, que per tal d'aconseguir una economia de la carn més sostenible, caldrà que les empreses i institucions valorin la introducció de models i aproximacions que vagin més enllà de l'anàlisi i solucions que l'economia clàssica ens ofereix, com són les taxes. És necessari combinar aproximacions clàssiques amb nous models i/o estratègies de manera efectiva, per garantir un desenvolupament més sostenible.

5.1.1 Economia circular: benvinguts a bord

L'economia circular tracta de relacionar les interaccions entre economia i medi físic. La seva concepció teòrica neix basant-se en les lleis de la termodinàmica i no solament en l'economia pura. És per tant un model que s'aproxima a l'economia ecològica.

Si considerem el plantejament bàsic que les funcions del medi físic són la de subministrament dels inputs que l'economia necessita per a realitzar les funcions de producció, i l'absorció dels mateixos quan aquests són retornats en forma de residus, l'economia circular ens permet establir una concepció circular que s'allunya de la concepció lineal tradicional (Peace i Turner, 2009 citat a Dopico i Iglesias 2010).

Gràfic 16: Economia com sistema lineal basat en (Dopico i Iglesias 2010) i (DIBA, 2018)



Font: Elaboració pròpia.

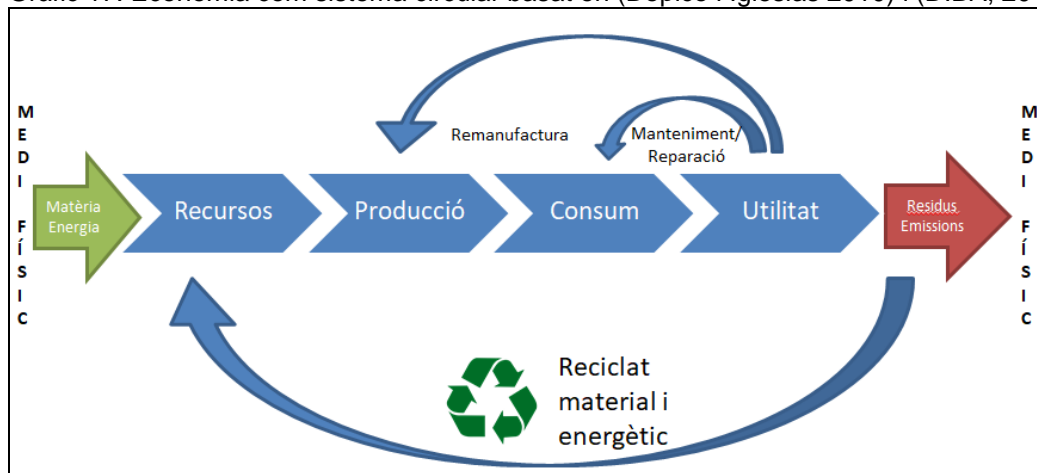
Com es pot observar en el diagrama de l'economia com a sistema lineal, el paper del medi físic és d'input del sistema de producció i d'output dels residus, on el seu reciclatge no és tingut en

compte, ja que és un sistema de concepció obert –recursos i residus il·limitats- i sense restriccions.

En la transformació d'un sistema lineal a un sistema circular, Boulding va imaginar un sistema tancat explicant de manera original com si la terra fos una nau espacial, on basant-se en la primera llei de la termodinàmica –no es possible crear ni destruir energia ni matèria- va reflectir que tots els recursos que s'utilitzen en qualsevol sistema productiu acaben novament al medi físic en forma de residus (Boulding, 1966 citat a Dopico i Iglesias 2010).

Al plantejar un sistema tancat amb recursos limitats -com el cas d'una nau com a metàfora de la terra- les restriccions de sostenibilitat que imposa el medi físic com a generadors d'utilitat al sistema econòmic es fan evidents. Com també es fa evident la necessària gestió dels residus i reciclatge per a poder reintroduir-los en el sistema tancat com a nous inputs. Circularitat necessària davant l'escassetat de recursos i els límits d'absorció de residus.

Gràfic 17: Economia com sistema circular basat en (Dopico i Iglesias 2010) i (DIBA, 2018)



Font: Elaboració pròpia.

Finalment és important destacar que tal i com Georgescu-Roegen va desenvolupar a la 'lleï de l'entropia i el procés econòmic' els recursos s'utilitzen en el sistema econòmic de manera entròpica, és a dir es dissipen dins el propi sistema econòmic, pel que no tots els residus es poden reciclar (Georgescu-Roegen, 1977 citat a Dopico i Iglesias 2010). Però s'ha de reciclar el màxim possible per tal de reduir el flux de residus del procés productiu del sistema econòmic, ja que el medi físic té una capacitat limitada d'absorció de residus.

5.1.2 Economia circular: Beneficis ambientals i socio-econòmics

Més enllà del beneficis teòrics ja introduïts, l'economia circular, tal com presenta l'informe d'economia circular i verda el món (DIBA, 2018), ofereix beneficis tangibles significatius a medi ambient, empreses, institucions i societat en general. L'informe menciona els següents:

- Oportunitat d'entre 1 i 4,5 bilions de dòlars a nivell global en propers anys. Estalvis equivalents a un 3-8% de la facturació de les empreses (AMEC, 2014 citat a DIBA 2018)
- Estalvis en materials d'entre 380.000 i 630.000 milions per la indústria manufacturera, equivalent a un 23% respecte els costos actuals (Ellen Macarthur fundacion, 2013 citat a DIBA, 2018).
- Innovació, recerca i coneixement: Oportunitat de negoci per emprenedors per reemplaçar productes d'un sol ús amb productes 'circulars'.
- Creació d'ocupació: L'economia circular requereix un impuls d'agents locals i no deslocalitzables. Reparació, col·laboració, recuperació de materials, etc. +178.000 llocs de treball al 2030 en gestió de residus (EC, 2015 citat a DIBA, 2018)
- Reducció d'emissions de gasos d'efecte hivernacle: Reducció d'emissions d'un 48% pel 2030 i 80% al 2050 en transport, aliments i construcció si s'apliquen criteris circulars i d'eficiència energètica (Ellen Macarthur fundacion, 2013 citat a DIBA, 2018).

- Millora qualitat de vida: Derivat de reduir emissions de gasos efecte hivernacle, reducció de contaminants en general i d'altres millores que l'economia circular impulsa.

Específicament i en l'àmbit de la ramaderia, es presenta el sector del bestiar com un element clau per assolir una bioeconomia circular a nivell UE (Peyraud, s.d.), ja que aprofitant les innovacions tecnològiques i d'entre d'altres beneficis, explica com dels seu residus (fems) es pot arribar a extreure energia i/o fertilitzants orgànics per a evitar l'ús de químics i afavorir un sòl menys degradat. Això evidentment contribueix a un millor medi ambient.

5.1.3. Economia circular aplicada: casos en el sector bestiar

L'article de Calero presenta l'exemple dels països baixos on es van proposar fa 20 anys el repte de produir el doble d'aliment usant la meitat de recursos com a resposta al creixement de població, fet que a l'any 2050 i amb els més de 9 mil milions de persones estimades significarà un 70% més d'aliment (Calero,2018).

Una de les iniciatives desenvolupades, és la d'usar restes de les indústries de pastisseria com a font principal d'hidrats de carboni i grasses per a l'elaboració de pinsos d'animals, i així evitar l'ús de cultius agrícoles com els cereals, que es poden usar per alimentar directament a la població. Observem que es tracta d'un bon exemple d'economia circular, ja que re usa residus com a inputs del procés productiu. A més. en aquest cas permeten la substitució de l'anterior input (cultius agrícoles) que es pot usar de manera més eficient en l'alimentació directa de la població.

Una altre de les iniciatives que s'expliquen és la d'una granja de porcs que té una planta de biogàs a on es fermenten els purins i d'altres residus, i que permeten la generació d'energia per abastir a la pròpia granja i 5.000 domicilis de l'entorn. És doncs un altre bon exemple de les potencialitats de l'economia circular, ja que amb l'ús intel·ligent de residus i amb implantacions com aquesta planta de biogàs, les empreses poden guanyar en competitivitat (reduir despesa energètica), mentre alhora col·laboren amb la sostenibilitat del medi ambient i l'emissió de gasos d'efecte hivernacle. Amb aquesta acció milloren tant el subministrament d'electricitat -ja que l'haurien d'adquirir possiblement de fonts no renovables- així com la pròpia gestió dels purins per a evitar que acabin contaminant els aqüífers. També contribueixen positivament a la societat localment amb la possibilitat de subministrar electricitat als domicilis propers. Desenvolupament local sostenible.

A nivell d'Espanya, també hi ha iniciatives de biogàs per el desenvolupament de l'economia circular en la ramaderia, amb exemples de plantes que produeixen energia o calor per autosubministrament i distribució local, però també la transformació posterior dels purins (un cop extret el gas) en fertilitzant líquid o orgànic (Ríos, 2018).

Aquests exemples aplicats, ens indiquen el potencial de les estratègies d'economia circular per a millorar tant la competitivitat de les empreses ramaderes, així com la millora de sostenibilitat del medi físic en general. Una economia de la carn més sostenible davant dels creixements de població i demanda sostinguts.

5.2 La producció ramadera ecològica

5.2.1 Producció ramadera ecològica: Mitigació davant el canvi climàtic i alternativa a la producció intensiva

La definició de l'agricultura ecològica, del qual la producció ramadera en forma part, és la d'un sistema de producció que té cura i millora la salut del sòl, ecosistemes i persones, combinant tradició, innovació i ciència per afavorir el medi ambient que compartim, promovent relacions justes i una bona qualitat de vida per aquells qui participin en l'activitat (IFOAM EU, s.d.)

En essència, promou canvis en els sistemes d'explotació per a fer-los sostenibles mitjançant l'aplicació de cinc principis bàsics: reciclatge, eficiència, diversitat, regulació i sinergia (Tittone, 2014 citat a IFOAM EU, s.d.).

Observem doncs una clara estratègia 'circular' en els principis bàsics de la producció ecològica, pel que podem entendre aquest mètode de producció ecològic com una aplicació pràctica de

l'economia circular. En línia amb els exemples d'ús de fems per a produir biogàs o produir fertilitzants orgànics que ja hem presentat en l'apartat d'economia circular, es mencionen altres tècniques usades per la gestió de fems en la producció ecològica, com és el compostatge, que pot arribar a reduir emissions de 50% en òxid nitrós i 70% en metà (Pardo et al. , 2015 citat a IFOAM EU, s.d.).

Totes aquestes tècniques de la producció ecològica, ajuden a evitar l'emissió de gasos d'efecte hivernacle, ja que milloren la qualitat del sòl i permeten fixar el carboni que no arriba a l'atmosfera. Com més matèria orgànica al sòl, més carboni fixat, i per tant una gestió intel·ligent dels fems del sector bestiar amb criteris ecològics-circulars ajuda a reduir els gasos d'efecte hivernacle i mitigar el canvi climàtic. El sòl és un element fonamental tant en la reducció de metà (Fuu Ming Kai et al., 2011 citat a Cruz, 2013) com del diòxid de carboni (Lal, 2008 citat a Cruz, 2013).

Les estratègies de producció ecològica pel que fa al sector bestiar no abasten solament la gestió de fems, output del procés, si no que abasta tota la cadena i comença en els inputs i amb la pròpia composició i origen de pinsos (UE demana 60% pinsos procedents de la pròpia explotació). Aquestes van des d'estratègies d'alimentació per a ruminants per tal de reduir emissions -tenint en compte els riscos derivats en la salut humana-, així com el benestar en tots els aspectes -inclòs el sanitari i longevitat- dels animals, així com considerar la cria de races de doble aptitud -que produeixen llet i carn- ja que el obtenir dos productes de cada animal es redueix el total d'emissions per kg (Muller i Aubert, 2014 citat a IFOAM EU, s.d.). Mitjançant les tècniques de pasturatge ecològiques s'estima que es captura carboni per valor de 41,5 tones CO₂ per hectàrea enfront les els convencionals amb un valor estimat de 21,3 tones de CO₂ per hectàrea (García et al., 2005 citat a Cruz 2013).

Encara més, les explotacions ecològiques i d'acord a uns estudis (Tuck et al., 2014 citat a IFOAM EU, s.d.), presenten un 30% més de biodiversitat que les industrials. Observem per tant, que les estratègies de la producció ecològica estan clarament enfocades a mitigar les externalitats identificades del sector bestiar.

La producció ramadera ecològica és per tant un bon model i alternativa a la producció intensiva, amb una gestió de la producció responsable a nivell ambiental i social, i que mitiga clarament el canvi climàtic (Cruz, 2013).

5.2.2 Producció ramadera ecològica: Evolució a Europa i Catalunya

En la secció de situació del sector bestiar, ja hem vist que l'evolució de la producció ramadera ecològica a Europa a nivell agregat és encara discreta respecte el total, on en el cas de la carn de boví, que és la més contaminant, encara representa menys d'un 5% del total de producció per aquest tipus.

Tot i així, d'acord a un informe que analitza el creixement de la producció ecològica (European comission, 2014), la carn de boví és la que presenta un percentatge de producció ecològica més elevat respecte al total de bestiar (tenint en compte les tipologies de carn tractades en aquest treball):

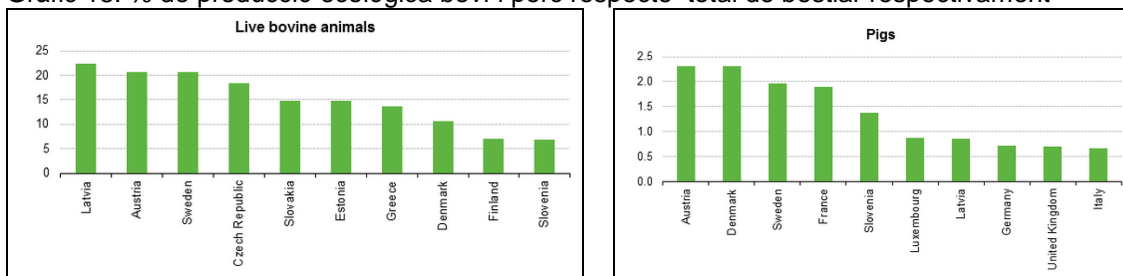
Taula 17: Percentatge producció ecològica respecte al total de bestiar

EU, 2010	% producció ecològica respecte total de bestiar
Boví	2,90%
porcs	0,33%
aus	0,96%

Font: Elaboració pròpia amb dades de (European comission, 2014)

Amb dades més recents del 2017, i si aprofundim a nivell de països, s'observen que hi ha països d'especialment actius en la transició de producció convencional a ecològica, especialment pel cas de la carn de boví. Hi ha tres països on més del 20% de la producció per aquest tipus de carn és ecològica. La carn de porc encara presenta una evolució discreta:

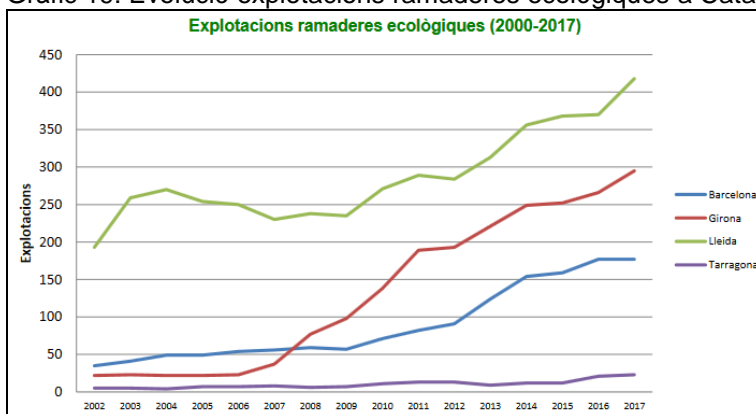
Gràfic 18: % de producció ecològica boví i porc respecte total de bestiar respectivament



Font: (Eurostat, 2017a).

A nivell de Catalunya i d'acord a dades del consell de la producció agrària ecològica CCPAE, les explotacions ramaderes ecològiques creixen amb força:

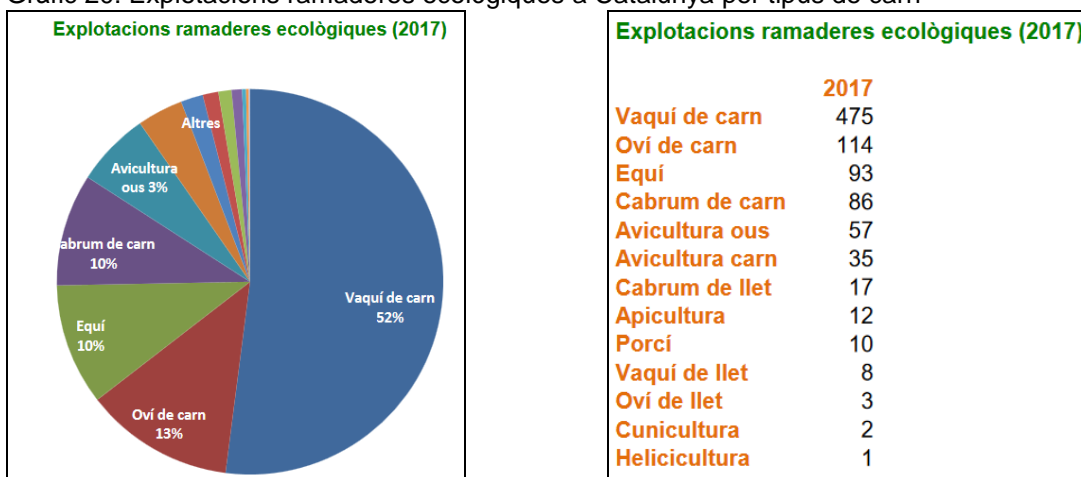
Gràfic 19: Evolució explotacions ramaderes ecològiques a Catalunya



Font: (CCPAE, s.d).

En la mateixa línia que la producció observada a nivell d'Europa, i amb les dades més recents disponibles, s'observa que la majoria d'explotacions ecològiques a Catalunya també es dediquen a carn de boví. La carn de porc i aus no representen encara un percentatge significatiu:

Gràfic 20: Explotacions ramaderes ecològiques a Catalunya per tipus de carn



Font: (CCPAE, s.d).

5.2.3 Producció ramadera ecològica aplicada: projeccions ajustades

D'acord a la taula resum presentada a IFOAM amb les mesures de mitigació del canvi climàtic aplicables al sector bestiar, no totes són recomanables a nivell de producció ecològica, i de les que si ho són, no hi ha dades numèriques i/o percentatges quantificables (IFOAM EU, s.d., pàg 78). De fet, la disponibilitat de dades amb números específics de la potencial mitigació de les

diferents pràctiques ecològiques és un dels problemes que menciona el propi informe de IFOAM.

En qualsevol cas, i per tal de realitzar l'exercici de simulació, si que s'observa a la taula 8 de l'informe de l'IFOAM que les millores en reducció de metà en les diferents mesures de reducció de gasos d'efecte hivernacle del sector bestiar abasten un rang de millora del 13 al 33%. Així que simularem una reducció prudencial del 15% de metà (CH₄) aplicant tècniques que permeten millorar la gestió de fems i fermentació entèrica dels bovins.

Taula 18: Càlculs emissions kgCO₂eq provinents CH₄ de carn de boví amb reducció hipotètica del 15% d'emissió

	kg CO ₂ eq per Kg (provinent CH ₄) de carn de boví (2016)	Reducció 15%
Fermentació Entèrica	2,484917731	2,112180071
Gestió de Fems	0,276443022	0,234976569
Total	2,761360753	2,34715664

Font: Elaboració pròpia. Dades (FAOSTAT,2018) *enteric fermentation* i *manure management*. Pes mig cap boví: 484,3 kg (INAC, s.d.)

Si al total d'emissions original de boví de 14,76 kg CO₂eq per kg de carn apliquem la reducció de 0,4139 kg CO₂eq obtinguda amb la reducció del 15% i es recalculen les projeccions ambientals, podem observar els efectes combinats de increment de preus i producció ecològica:

Taula 19: Efecte ambiental combinant producció ecològica amb reducció 15% d'emissió CH₄ a les projeccions i escenaris obtinguts amb les taxes en preus per la carn de boví

IMPACTE Ambientals Boví-Emissions kg de CO ₂ eq	Unitats	Població 2020	Població 2030	Població 2040	Població 2050	% modificació emissions amb taxes i producció ecològica
base 2017 real	Kg CO ₂ eq	82.833.145.024,86	84.156.315.058,89	84.884.084.330,87	84.917.908.650,81	
base 2017 real (-15% CH ₄) *	Kg CO ₂ eq	80.509.926.610,76	81.795.985.739,64	82.503.343.291,48	82.536.218.941,87	-2,80%
+0,30 €/kg (-15% CH ₄) *	Kg CO ₂ eq	77.453.074.910,82	78.690.304.135,13	79.370.804.289,05	79.402.431.696,00	-6,50%
+0,60 €/kg (-15% CH ₄) *	Kg CO ₂ eq	74.097.937.948,43	75.281.572.483,22	75.932.594.514,79	75.962.851.875,65	-10,55%
+0,90 €/kg (-15% CH ₄) *	Kg CO ₂ eq	70.742.800.986,03	71.872.840.831,31	72.494.384.740,52	72.523.272.055,30	-14,60%
+1,20 €/kg (-15% CH ₄) *	Kg CO ₂ eq	67.387.664.023,64	68.464.109.179,41	69.056.174.966,26	69.083.692.234,95	-18,65%

Font: Taula elaboració pròpia.

* 14,34 kg CO₂eq per kg de carn de boví un cop aplicat la reducció 15% CH₄ calculada a la intensitat original de 14,76 calculada per (FAOSTAT,2018)

Observem doncs que amb una modesta reducció hipotètica del 15% a les emissions de CH₄ dels bovins usant les tècniques com les que proposa la producció ecològica, es poden aconseguir reduccions significatives en l'impacte ambiental a la zona UE quan es combinen amb les solucions clàssiques d'economia que desincentiven el consum. La combinació de solucions aconsegueix més efectivitat en la mitigació del canvi climàtic i una economia de la carn més sostenible.

6. IMPLICACIONS ÈTIQUES I/O SOCIALS

En l'àmbit d'aquest treball en que hem tractat l'economia de la carn i el creixement, cal valorar les implicacions ètiques en les decisions de producció, consum i sostenibilitat.

Així doncs, i davant del creixement sostingut de població i recursos econòmics a nivell global que estan impulsant la producció i consum de carn de manera molt significativa, i a la vista dels greus problemes que se'n deriven –essent el canvi climàtic el més visible–, el primer element a

valorar és si el problema de la sostenibilitat en el consum/producció de carn es pot resoldre només amb criteris tècnics i/o econòmics, o cal incorporar elements ètics per valorar si les decisions que prenem són moralment acceptables.

En l'àmbit econòmic J. Ikerd planteja que al cap i a la fi el creixement és en cap cas sostenible, ja que amb percentatges de 2-3% anual significa doblar l'economia global cada 30 anys (Ikerd,2012). La terra com a ecosistema no pot aguantar aquest ritme de creixement, i posa com a exemple que, si totes les economies dels països en desenvolupament aconseguissin satisfer les necessitats bàsiques, implicaria esgotar tots els recursos naturals. De manera anàloga, i si recordem l'exemple de la Xina i el creixement espectacular de consum de carn presentat en apartats anteriors, l'economia de la carn tampoc pot aguantar aquest ritme de creixement.

Tal i com J. Ikerd planteja, si qualsevol decisió d'inversió està condicionada a priori en obtenir algun valor econòmic com a retorn, qualsevol inversió per protegir, renovar i regenerar els recursos naturals a favor d'una economia sostenible no es farà (Ikerd, 2013). Calen per tant decisions ètiques i accions a nivell de societat -individuals i col·lectives-, com per exemple un consum responsable –alimentació ètica- amb una reducció de la demanda de carn produïda intensivament, per tal de forçar els canvis institucionals i empresarials necessaris en favor d'una economia de la carn ecològica i sostenible.

Encara més, -tot i que s'ha demostrat en aquest treball que solucions tècniques (taxes) i estratègies alternatives com la producció ecològica ajuden a mitigar el problema de la sostenibilitat, emissions i reducció del consum de la carn-, cal també reflexionar i preguntar-se si és moralment acceptable que com a societat normalitzem un consum de carn que condueix al desastre ecològic i ambiental, sabent a més que el patiment dels animals és esfereïdor. Tal i com explica R. Pérez, l'estrès *ante mortem* els arriba a provocar canvis hormonals afectant la composició química de la sang i el teixit muscular (Pérez, 2018). I aquest patiment pel sacrifici, i amb dades del 2016, succeeix a 18,82 animals per persona i any només a Espanya (Ferrero, 2017).

CONCLUSIONS

Partint de l'estudi de l'evolució del pensament econòmic, s'ha constatat que tot i l'existència d'economistes neoclàssics que es varen preocupar pels límits al creixement, no és fins a la segona meitat del segle XX que es comença a qüestionar i analitzar el creixement des d'una perspectiva ambientalista i ecologista.

En l'estudi evolutiu del pensament destaquen per una banda les diferents aportacions entre la denominada economia ambiental, que tracta l'estudi de les restriccions del medi físic i natural fent ús del pensament i tècniques econòmiques clàssiques, i per l'altra, la denominada economia ecològica, que planteja una aproximació multi disciplinar al problema del creixement, considerant la relació entre ecosistemes naturals i sistema econòmic. L'economia ecològica qüestiona frontalment el creixement econòmic il·limitat, plantejant que els límits del creixement estan condicionats per la capacitat d'absorció de la terra. Específicament l'informe Meadows al 1971 destaca com a primera gran aportació tècnica que obre el debat dels límits al creixement. Joan Martínez-Alier destaca com a principal divulgador i un dels fundadors de l'economia ecologista, així com recentment s'ha posicionat com un impulsor del decreixement econòmic socialment sostenible (objectius c.1, c.2).

En l'anàlisi fet per aquesta recerca al voltant de l'economia de la carn i el sector bestiar, hem pogut constatar que la producció i consum de carn no paren de créixer, i que les alternatives ecològiques a la ramaderia industrial, menys agressives ambientalment, encara representen un percentatge baix de producció a nivell UE. Els països en desenvolupament, i Xina de manera significativa, estan impulsant tant la producció com la demanda de carn a nivell global (objectius b.1, b.2).

Es confirma que el creixement entra amb clar conflicte davant de les externalitats conegudes i presentades del sector bestiar. Els impactes negatius del consum de carn amenacen críticament dimensions clau per la sostenibilitat i la vida mateixa: medi ambient, salut, aigua, pèrdua de biodiversitat i pèrdua de sol així com el propi benestar animal. Amb l'anàlisi de

l'impacte a nivell ambiental, i en intensitat d'emissions de CO₂eq, la carn de boví destaca com la més contaminant i amb un valor d'externalitat més elevat, essent x9,58 i x49,2 vegades més intensa en emissions que la carn de porc i aus respectivament. A nivell d'anàlisi econòmic de les externalitats i d'acord als càlculs realitzats en aquest treball, la carn de boví destaca també com la que té un impacte més alt en €/kg (objectius b.3, b.4).

Amb les dades de consum de carn recollides de la zona UE-28 i seguint un enfocament economètric de model de regressió, s'ha estimat i obtingut equacions de demanda de carn per a cada tipus, que s'han pogut usar per a poder realitzar prediccions de consum basats en diferents escenaris de preus on s'ha simulat l'efecte d'un impost per a la internalització de costos. La presència d'almenys un regressor de preu significatiu amb el comportament esperat ens ha permès simular prediccions en consum carn al variar els preus.

Al combinar les prediccions de consum amb els costos ambientals i econòmics prèviament calculats en les externalitats del sector bestiar, s'ha pogut projectar i confirmar les hipòtesis de l'objectiu principal del treball. Aquesta hipòtesis girava entorn als efectes -beneficis- econòmics i ambientals al aplicar una hipotètica taxa correctiva que incrementa el preu de la carn, confirmant la solució pública d'externalitats -impost pigouvià- presentada en el marc teòric. A nivell ambiental i en la carn més contaminant –boví- s'observen reducció d'emissions de CO₂eq d'un -16,30% en l'escenari hipotètic de +1,20 €/kg, així com estalvis econòmics d'externalitats pels tres tipus de carn quantificats en més de 1.000 milions d'euros pel mateix escenari (objectiu a.1).

L'economia circular i la producció ramadera ecològica es confirmen com a models i estratègies necessaris per a fomentar una economia de la carn més sostenible. Els beneficis d'aquests models en quant a gestió de recursos, residus, sòl, emissions, benestar d'emissions i d'altres mitiguen clarament les externalitats negatives identificades i presentades del sector bestiar. Es constata una evolució positiva de la producció ecològica a Europa i Catalunya, malgrat que encara representa un percentatge baix del total de producció. La producció ecològica de boví presenta l'evolució més positiva dels tres tipus de carn objecte d'estudi en aquest treball (objectiu c.3).

Es demostra mitjançant una nova simulació que la combinació de solucions econòmiques clàssiques per desincentivar el consum de carn, junt amb les tècniques ecològiques per a millorar l'eficiència de l'activitat de producció per reduir les emissions i mitigar les externalitats, permeten aconseguir millores ambientals significatives. Solucions multidisciplinàries. Destacar i com a contrapunt, que la disponibilitat de dades de producció ecològica és encara baixa i dificulten el poder aprofundir en l'estudi dels seus beneficis a nivell quantitatiu en l'activitat real (objectiu c.4).

Finalment s'ha reflexionat sobre les implicacions ètiques de les nostres decisions, i com més enllà de les mitigacions tècniques i estratègiques que es poden aplicar a favor d'una economia sostenible de la carn, calen també accions de consum responsable i reflexions sobre si és moralment acceptable continuar amb el consum de carn massiu (objectiu c.5).

Recomanacions de polítiques públiques i d'empresa

A la vista dels resultats de la recerca i els efectes negatius de l'economia de la carn identificats, es llisten a continuació algunes accions que podrien ser d'ajuda en la mitigació dels problemes:

- Les institucions europees, estatals i governs locals i donat que són els agents que determinen les regles de joc, cal que desenvolupin polítiques i lleis que afavoreixen l'adopció de pràctiques de producció ecològica amb criteris circulars de manera decidida i fomentin bones pràctiques de consum.
 - Calen ajudes per afavorir tant la investigació com la transició/implantació de les noves tecnologies a nivell d'empresa.
 - Cal progressivament però de manera decidida anar penalitzant les pràctiques de producció intensiva i afavorint la transició a producció ecològica. Incentius financers i regulatoris.
 - Calen accions immediates per a forçar una reducció del consum de carn, evidentment amb la introducció de taxes que impactin el preu.
 - Cal invertir en educació i campanyes informatives

- Cal fer a la gent conscient dels efectes negatius i afavorir bons hàbits alimentaris.
- Cal desenvolupar polítiques i regulacions d'etiquetatge, que clarifiquin als consumidors quan estan fent la compra del que significa la producció del béns que adquireix en tots els aspectes (positius i negatius), no només la seva composició. Etiquetatge clar de la petjada ecològica i efectes negatius en el bestiar. Així com la informació és essencial per a prendre bones decisions a nivell de producció, també ho és a nivell de consum, i l'etiquetatge és un element clau per fomentar un consum conscient, ètic i responsable
- Les institucions i empreses també han impulsat l'aprofitament de les noves tecnologies digitals (emmagatzematge cloud, BigData, internet de les coses) per a la recollida de dades de manera estandarditzada i en temps real a nivell d'explotació ramadera i per dades producció, preus, emissions.
 - Cal bona informació per a prendre bones decisions.
- Les empreses han d'aprofitar les avantatges que les tècniques de producció ecològica ofereixen, en estalvi de costos, auto sostenibilitat i producte de més qualitat que poden oferir.
 - Cal mirar la transició de producció intensiva a ecològica com oportunitat de guanyar avantatge competitiu.

VALORACIÓ

La meua valoració personal de la realització d'aquest treball de final de grau és molt positiva, ja que he pogut aplicar els coneixements adquirits durant el grau d'ADE, sobretot de l'especialització d'economia que vaig escollir, en el la recerca i desenvolupament d'un cas d'estudi d'inici a fi. Malauradament el tema escollit és de molta actualitat pels efectes negatius que la producció i consum de carn té en el medi ambient i la relació amb el canvi climàtic.

Tot i tenir clar que volia realitzar un anàlisi quantitatiu del problema de la carn i el sector bestiar, delimitar l'abast de la recerca i els temes a tractar per ajustar-los a les limitacions temporals d'un TFG no ha estat una tasca senzilla. Així mateix m'ha requerit molt d'esforç la recerca de fonts d'informació, dades i tractament de les mateixes per a poder realitzar les simulacions que volia. Ha estat un gran repte cercar, pensar i combinar tots els càlculs d'externalitats i models de demanda de carn per a realitzar les projeccions i avaluar-ne els efectes, però satisfet d'haver pogut extreure coneixement útil usant les eines i tècniques apreses al llarg del grau. M'ha resultat especialment interessant aprofundir en l'evolució del pensament econòmic, i observar que fa molts d'anys que hi ha economistes, pensadors i divulgadors preocupats per l'ús dels recursos naturals, la sostenibilitat i el creixement. Es constata la dificultat d'aconseguir que els missatges penetrin a nivell d'institucions, empreses i societat per aplicar els canvis necessaris i mitigar els desastres ecològics. Aquest treball és doncs un granet de sorra més.

Finalment, destacar el fet que quan analitzes un problema com el de la carn i la sostenibilitat, t'adones que els problemes són polièdrics, i no pots usar només criteris tècnics ni una sola disciplina per a solucionar-los. Cal combinar –entre d'altres- economia, ciència, enginyeria, sociologia, ètica, i em sento satisfet perquè el treball realitzat reflecteix aquesta complexitat.

AUTOAVALUACIÓ

A nivell de desenvolupament, el treball s'ha realitzat de manera satisfactòria seguint la metodologia i planificació cronològica plantejada, i totes les entregues parcials s'han lliurat complint els criteris d'avaluació i aspectes formals requerits. Per facilitar el seguiment del director de projecte, totes les entregues han incorporat un annex de seguiment amb tots els comentaris i observacions rellevants. El feedback rebut ha estat molt positiu en tots els lliuraments.

A nivell de contingut el tema s'ha presentat i delimitat correctament. Presenta un anàlisi ric de fonts on s'ha combinat teoria i pràctica de manera equilibrada i amb l'objectiu de donar resposta a les qüestions plantejades. S'ha aplicat correctament l'ús d'eines ofimàtiques i estadístiques en l'elaboració de gràfics, taules i evidentment model de regressió. Els resultats s'han analitzat críticament i qualsevol supòsit i/o limitació està degudament explicat, sigui en el desenvolupament dels temes o en les conclusions.

A nivell d'aspecte formal la memòria s'ha redactat usant un llenguatge científic-tècnic correcte, tots els recursos es presenten correctament referenciats així com hi ha notes i llegendes aclaridores en les taules amb càlculs presentades.

A nivell personal el poder aplicar les competències adquirides en el grau en un projecte auto organitzat –més enllà del marc de desenvolupament i calendari de lliuraments preestablert- i per tal de fer recerca i respondre qüestions en un tema que m'interessava molt ha estat enriquidor. El nivell de coneixement adquirit pel que fa teoria del pensament econòmic en la sostenibilitat, així com els tècniques i estratègies d'economia circular i ecològica que poden aplicar les empreses, han superat les meves expectatives inicials, ja que inicialment visualitzava un treball molt més tècnic. La part d'anàlisi economètric, gràfics i simulació té un pes considerable tal i com inicialment havia visualitzat, però al afegir més dimensions, m'ha permès abordar i entendre un problema que és polièdric i que requereix múltiples solucions.

A nivell de continuació de la recerca el treball permet obrir diferents línies d'investigació:

- Aprofundir en els substitutius de la carn i realitzar un model de demanda més acurat.
- Ampliar l'abast geogràfic per a realitzar un estudi i simulació d'una impost pigouvià a nivell global. Per tant incloent Àsia, Àfrica, Nord i Sud Amèrica.
- Aprofundir en l'avaluació quantitativa dels beneficis de la producció ecològica per tal de poder mesurar i predir adequadament els efectes de la seva implantació.
- Pla de transició de la producció intensiva a l'ecològica. Anàlisi de casos d'èxit. Informe de recomanació de transició per empreses que inclogui un anàlisi financer, proposta de pla estratègic per la seva implantació (DAFO, disseny d'opcions, etc.) i un pla econòmic-financer amb diversos escenaris que permetin entendre l'oportunitat de fer la transició ecològica per a les empreses de producció intensiva.
- Explorar la transformació digital i com pot aplicar en l'economia de la carn. Exemples com solucions blockchain per fixar la traçabilitat de procedència ecològica en tota la cadena.

En conclusió i considerant tot el que he exposat considero un èxit el treball realitzat.

REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

- Baumgärtner, S. I Quaas, M.F. (2009). *What is sustainability economics?*. Recuperat de <https://bit.ly/2DtmmOR>
- Blanch, S., Pérez, E. i Silvente, J. (2016). *Com citar i referenciar en els textos acadèmics. Compilació basada en la normativa APA*. Recuperat de <https://bit.ly/2J3wbhe>
- Calero, C. (2018). *¿Cómo integrar la economía circular en la ganadería? El ejemplo holandés. Editorial Agrícola*. Recuperat de <https://bit.ly/2OR0G95>
- Cohen, J.E. (2011). *The 1st Annual Malthus Lecture- MEAT*. Recuperat de <https://bit.ly/2KbJI9t>
- Consell Català de la Producció Agrària Ecològica (CCPAE) (s.d.). *Estadístiques 2000-2017*. Recuperat de <https://bit.ly/2qU83IH>
- Compassion (2016). *Cheap food costs dear. Compassion in World Farming* Recuperat de <https://bit.ly/2TkhbgB>
- Constanza, R (2003). *The Early History of Ecological Economics and the International Society for Ecological Economics (ISEE)*. Recuperat de <https://bit.ly/2RZMKuO>
- Cruz, J.F.(2013). Los sistemas ganaderos ecológicos como alternativa frente al cambio climático. *Revista Ciencia Animal* (6), 57-66. Recuperat de <https://bit.ly/2qPpW5j>
- Del Barrio, T., Clar, M. i Suriñach, J. (s.d.). *Model de regressió lineal múltiple: especificació, estimació i contrast*. Barcelona: UOC
- Del Barrio, T., Clar, M. i Suriñach, J. (s.d.). *Errors d'especificació, multicol·linealitat i observacions atípiques*. Barcelona: UOC
- Del Barrio, T., Clar, M. i Suriñach, J. (s.d.). *Incompliment de les hipòtesis bàsiques del terme d'error*. Barcelona: UOC

- DIBA (2018). *Economia Circular i Verda al món local: Com passar a l'acció i eines per als ens locals*. Recuperat de <https://bit.ly/2zYJ315>
- Dopico, J. i Iglesias G. (2010). *Economía sostenible. Teoría y política*. La coruña: netbiblo
- Saez, E. (s.d). *Externalities: Problemes and Solutions*. Recuperat de <https://bit.ly/2TISnov>
- European comission (2014). *The rapid growth of EU organic farming: key facts and figures*. Recuperat de <https://bit.ly/2T14UIT>
- European comission, Unit Economic Analysis of EU Agriculture (2016). *Facts and figures on organic agriculture in the European Union*. Recuperat de <https://bit.ly/2MFOhak>
- Eurostat (2017a). *Organic farming statistics*. Recuperat de <https://bit.ly/2qTwb8h>
- Eurostat (2017b). *Agri-environmental indicator–livestock patterns*. Recuperat de <https://bit.ly/2DpZyGJ>
- Eurostat (2018). *Population on 1st January by age, sex and type of projection*. [Base de dades: proj_15npms]. Recuperat de <https://bit.ly/2JQeYUJ>
- Eurostat (s.d). *Selling prices of animal products (absolute prices) - annual price (from 2000 onwards)*. [Base de dades: apri_ap_anouta]. Recuperat de <https://bit.ly/2qSWLhy>
- Eurostat (s.d). *Mean and median income by household type - EU-SILC survey*. [Base de dades: ilc_di04]. Recuperat de <https://bit.ly/2AR1lou>
- FAO (2018). *Meat Market Review*. Recuperat de <https://bit.ly/2FtlU0>
- FAOSTAT (2018). Database. *Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy*. Recuperat de <https://bit.ly/2iBrcUH>
- FUOC (s.d.). *El sector públic*. Barcelona: Material docent de la UOC
- Ferrero, J.F. (2017). *Alimentación ética: la más justa, sostenible y saludable*. Recuperat de <https://bit.ly/2znTprV>
- Gerber, P.J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A. i Tempio, G. (2013). *Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities*. Recuperat de <https://bit.ly/2A3LsaA>
- Harrison, W. (2012). *Risk in Red Meat?*. Recuperat de <https://bit.ly/1Vbye25>
- Higgins, K. L. (2013). *Economic growth and sustainability – are they mutually exclusive?*. Recuperat de <https://bit.ly/1LNAWkj>
- IFOAM EU (s.d.). *Producción ecológica, mitigación del cambio climático y más: Reduciendo el impacto mediambiental de la producción agrària de la ue*. Recuperat de <https://bit.ly/2OR5daS>
- Ikerd, J. (2012). *Economic vs. Sustainable Growth: Identifying the Essential Mission of Sustainable Economies*. Recuperat de <https://bit.ly/2zfeYux>
- Ikerd, J. (2013). *Ethics & The Challenge of Economic Sustainability*. Recuperat de <https://bit.ly/2DISgi7>
- INAC (s.d.). *INFORME- peso promedio de haciendas Bovinas – Ovinas*. Recuperat de <https://bit.ly/2Tkr4Le>
- INAC (s.d.). *INFORME- peso promedio de haciendas Porcinas – Equinas*. Recuperat de <https://bit.ly/2DJpHRD>
- Marquer, P., Rabade, T. i Forti, R. (2015). *Meat Production Statistics*. Recuperat de <https://bit.ly/2FtSDz0>
- Martínez-Alier, J. (2011). Hacia una economía sostenible : dilemas del ecologismo actual. *Letras Verdes. Revista Latinoamericana de estudios sociambientales*, (9), 5-25.
doi: <https://doi.org/10.17141/letrasverdes.9.2011.900>
- Naredo, J.M. (2012). *Economía y sostenibilidad: la economía ecológica en perspectiva*. Recuperat de <http://journals.openedition.org/polis/7917>
- NASA (s.d.). *A blanket around the earth*. Recuperat de <https://climate.nasa.gov/causes/>

- OECD (2018). *Meat Consumption*. doi: <https://doi.org/10.1787/fa290fd0-en>
- OECD/FAO (2018). *OECD-FAO Agricultural Outlook 2018-2027*. doi: https://doi.org/10.1787/agr_outlook-2018-en
- OECD/FAO (2018). *OECD Agriculture statistics*. doi: <https://doi.org/10.1787/agr-data-en>
- OFX (2018). *Monthly Average Rates*. Recuperat de <https://bit.ly/2l8YGJv>
- Perera, F. i Rodríguez, O.M. (s.d). *Microeconomía: Equilibrio General y Economía de la Información - Apuntes del tema 1. Equilibrio general y fallos de mercado. Parte IV*. Recuperat de <https://bit.ly/2QQGhSy>
- Pérez, R. (2018). Bienestar Animal: una cuestión ética però també econòmica. *SINC-la ciencia es noticia*. Recuperat de <https://bit.ly/2wE6hl2>
- Peyraud, J.L (s.d). *The roles of Livestock in an EU bio-economy*. Recuperat de <https://bit.ly/2PwXJPs>
- Reynaldo C. (2012). La economía ambiental y su evolución en el pensamiento económico. *Revista Desarrollo local sostenible, Vol 5(13)*. Recuperat de <https://bit.ly/2KbWijw>
- Ríos, J. J. (2018). El biogás, clave para fomentar la economía circular en la ganadería. *Efeagro*. Recuperat de <https://bit.ly/2rpyijR>
- Robert H.F. (2005). *Microeconomía y conducta* (5ª edición). Madrid: McGraw Hill
- Roser, M. et al. (s.d.). *Our World in Data*. Recuperat de <https://ourworldindata.org/>
- Sandsborg, J. i Nilsson, H. (2016). *Meat the Future: A Cost-Benefit Analysis of a Pigouvian Tax on Meat in Sweden* (Treball fi de màster. Lund University, School of Economics and Management, Suècia) Recuperat de <https://bit.ly/2DHYSNL>
- SISAP (2018). *Precio y peso promedio del pollo*. Recuperat de <https://bit.ly/2qSYKCw>
- Steinfeld, H. Gerber, P.J., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales M. i C. de Haan (2006) *Livestock's long shadow – Environmental issues and options*. Recuperat de <https://bit.ly/2BKZ3qy>
- Stiglitz, J.E. et al.(2017). *Report of the high-level comission on Carbon Prices*. Recuperat de <https://bit.ly/2rjFWhs>
- Svartzman, R. (2015). *¿Qué estudia la economía ambiental y cuál es su diferencia con la economía ecológica?*. Recuperat de <https://bit.ly/2liBvy4>
- Törneke, S. (2014). *A pigovian tax on beef - consumption effects and consequence analysis* (Treball fi de grau. Lund University, School of Economics and Management, Suècia) Recuperat de <https://bit.ly/2PwWf7X>
- UB (s.d.). *Contrastes de normalidad*. Recuperat de <https://bit.ly/1hwNmIO>
- Watts, J. (2008). More wealth, more meat. How China's rise spells trouble. *The Guardian*. Recuperat de <https://bit.ly/2pvlSg9>