

Estudi ambiental del cicle de vida del formatge amb Denominació d'Origen Protegida *Mahón-Menorca*

M. Benítez, G. Codina, J. Domènech, J. Moreno, S. Sanz

Tutors: Dr. Joan Rieradevall i Anna Petit

Universitat Autònoma de Barcelona, Ciències Ambientals

Abstract

Català – Aquest projecte pretén analitzar l'impacte associat a les diferents fases del cicle de vida del formatge D.O.P. *Mahón-Menorca* des de la producció de la llet fins la posterior comercialització, passant pel procés de fabricació del producte. Per així donar resposta a la preocupació i demanda ciutadana en relació a les pràctiques empresarials sostenibles amb el medi ambient. L'estudi es duu a terme per sectors, a fi de poder comparar en termes d'impacte ambiental el pes associat a cada fase del procés. Per tal d'assolir aquesta fi, s'ha fet ús de fonts primàries extretes d'un extens treball de camp i fonts secundàries.

Els principals resultats mostren que el sector primari és dels tres sectors que contribueix més al Canvi Climàtic assumint un 90% de les emissions de CO₂ generades. Els punts crítics destacables del sector secundari els trobem a les fases d'envelliment i del sector terciari es centren en el transport, essent aquest molt més pol·luent respecte l'embalatge.

Paraules clau: Anàlisi de cicle de vida (ACV), emissions, sectors, formatge

Castellano – Este proyecto pretende analizar el impacto asociado a las diferentes fases del ciclo de vida del queso D.O.P. *Mahón-Menorca* desde la producción de la leche hasta la posterior comercialización del queso, pasando por el proceso de fabricación. Para así dar respuesta a la preocupación y demanda ciudadana en relación a las prácticas empresariales y sostenibles con el medio ambiente. El estudio se lleva a cabo por sectores, a fin de poder comparar en términos de impacto ambiental el peso asociado a cada fase del proceso. Para poder obtener dichos fines, se han utilizado fuentes primarias extraídas de un extenso trabajo de campo y fuentes secundarias.

Los principales resultados muestran que el sector primario es de los tres sectores el que más contribuye al Cambio Climático asumiendo un 90% de las emisiones de CO₂ generadas. Los puntos críticos destacables del sector secundario los encontramos en las fases de envejecimiento y del sector terciario se centran en el transporte, siendo este el más contaminante respecto al embalaje.

Palabras clave: Análisis de ciclo de vida (ACV), emisiones, sectores, queso

English – This project aims to calculate the impact associated with the different stages of the P.D.O. *Mahón-Menorca* cheese's life cycle from producing the milk until the subsequent marketing, through the manufacturing process of the product. That way we can give an answer to the citizen's worries about environmental friendly practices. To achieve this objective, primary sources has been used drawn from extensive fieldwork and secondary sources from previous studies.

The main results show that the primary sector is the most contributing to Climate Change in-between the other three sectors assuming 90% of CO₂ emissions. The critical points in the secondary sector are located in the stages of cheese aging and in the tertiary sector it's focused on transportation, being much more pollutant respect packaging.

Keywords: Life cycle assessment (LCA), emissions, sectors, cheese

1. Introducció

La presència de la ramaderia a Menorca, destinada majoritàriament a la producció de llet i formatge, concedeix el típic caràcter de mosaic agroforestal a les parts interiors de la illa (Rieradevall, J. 2014).

L'elaboració de formatge D.O.P. *Mahón-Menorca* és un dels pilars en els quals es sustenta part de la història i tradició ramadera de Menorca on la gent ha viscut des de fa molt temps dels seus formatges i pels seus formatges.

La creixent consciència social per a la protecció del medi ambient ha derivat en una voluntat d'avançar cap a la sostenibilitat, motiu pel qual cada dia es dóna més importància als impactes associats als productes en la seva fase de producció i comercialització. Originant una tendència al desenvolupament de mètodes per millorar la nostra comprensió i origen d'aquests impactes. Per donar resposta a aquesta inquietud es va crear l'anàlisi de cicle de vida (ACV).

En l'estudi es pretén donar resposta a la preocupació i a la demanda ciutadana en relació a les pràctiques empresarials sostenibles i respectuoses amb el medi ambient.

L'objectiu principal del treball en el que es basa aquest article és realitzar un estudi ambiental sobre el cicle de vida del formatge D.O.P. *Mahón-Menorca* per així poder-ne calcular l'impacte associat a cada fase del procés.

En el cas del formatge, el cicle de vida el podem dividir en les tres etapes

corresponents als tres sectors econòmics. Aquests són el sector primari, el sector secundari i el sector terciari referits a la producció de la llet, la producció del formatge i la comercialització, respectivament.

2. Objectius

Calcular el pes de l'impacte associat a cada fase del cicle de vida del formatge D.O.P. *Mahón-Menorca* és l'objectiu principal de l'estudi que es presenta en aquest article.

Per assolir aquest objectiu, doncs, és necessari plantejar-ne prèviament uns de més específics, com:

- Inventariar els fluxos energètics, hídrics, entre d'altres, de la fabricació del formatge.
- Calcular l'impacte que genera la producció de formatge per a cada una de les empreses visitades.
- Valorar l'ecoeficiència de cada una de les empreses.
- Comparar els resultats obtinguts per a les empreses visitades amb anteriors estudis realitzats en el mateix sector.
- Calcular l'impacte que generen els diferents sectors econòmics, i valorar-ne el pes relatiu.

3. Materials i mètodes

3.1. Casos d'estudi

Les empreses que han col·laborat en el projecte les anomenarem Empresa 1 (E1), Empresa 2 (E2), Empresa 3 (E3) i Empresa 4 (E4). Totes elles formatgeries artesanals però amb diferents nivells de producció. Les dades de l'Empresa 0 (E0) procedeixen d'un estudi anterior (Llopis, L. 2010) i aquesta ens serveix per exemplificar les fàbriques de tipus industrial del formatge D.O.P. *Mahón-Menorca*.

3.2. Definició de l'ACV

En l'elaboració del projecte descrit en aquest article la metodologia aplicada és la d'un Anàlisi de Cicle de Vida (ACV) (ISO 14040).

L'Anàlisi de Cicle de Vida és utilitzat per avaluar els impactes ambientals del formatge D.O.P. *Mahón-Menorca* durant les etapes de ramaderia i extracció de la llet, la producció artesanal o industrial del formatge i, finalment, la comercialització del producte final. D'acord amb aquesta metodologia, es pretenen avaluar una sèrie d'impactes ambientals mitjançant la quantificació de l'ús de recursos i emissions associats amb aquest sistema d'estudi.

L'ACV és una eina excel·lent per la gestió ambiental i proporciona uns coneixements generalitzats sobre els impactes ambientals associats a un producte o activitat humana. És també el mètode més acceptat internacionalment en termes d'impacte global associat a un producte o activitat.

Per dur a terme un ACV, el procés a seguir és el que queda reflectit en l'esquema (Figura 1) següent:

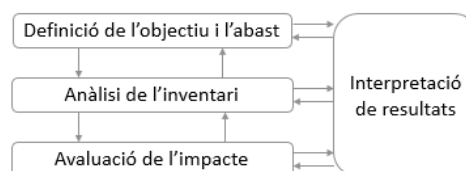


Figura 1. Esquema marc de referència de l'ACV

A l'hora de dur a terme un ACV, la metodologia a seguir inclou les següents etapes: objectius, anàlisi de l'inventari, l'avaluació de l'impacte i la interpretació dels resultats.

L'anàlisi de l'inventari consisteix en la recopilació de dades sobre l'ús de recursos, el consum d'energia, les emissions i els productes resultants de cada activitat.

El propòsit de l'avaluació de l'impacte és tenir en compte els resultats de l'anàlisi d'inventari per entendre millor la seva significació en el medi ambient. L'avaluació de l'impacte classifica les entrades i sortides de l'inventari amb un indicador ponderat i segons la qualitat de les dades.

La interpretació de l'ACV és un procediment per identificar, qualificar, verificar i avaluar la informació dels resultats de l'anàlisi d'inventari i/o l'avaluació de l'impacte del sistema d'un producte.

3.3. Objectius i abast

Els límits del sistema estudiat es situen des de la producció de la llet fins a la comercialització del formatge; el que en termes d'ACV s'anomena un anàlisi del bressol a la tomba.

La unitat funcional (UF) escollida per a l'estudi és el kg de formatge, unitat a la qual es relacionen tots els fluxos d'entrada i sortida que es poden assimilar a la base de càlcul.

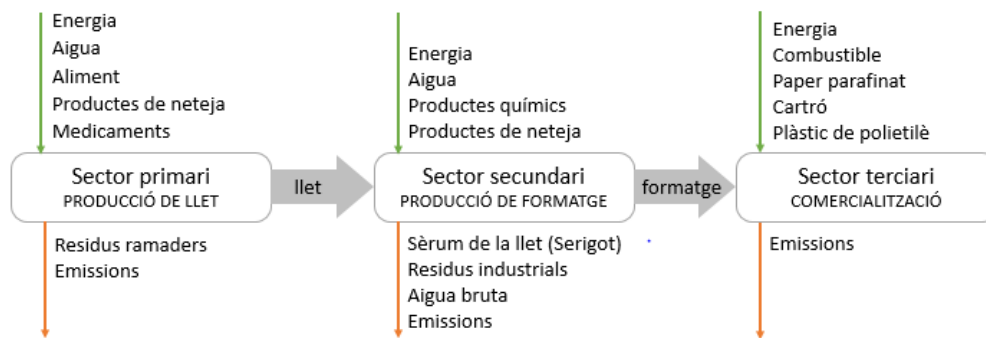


Figura 2. Diagrama de fluxos d'entrades i sortides del sistema

3.4. Anàlisi inventari

Per a quantificar els fluxos d'entrades i sortides del sistema del sector secundari s'han utilitzat les dades extretes in situ de les visites a les 4 empreses. Per a la resta de fluxos del sector primari i terciari la informació s'ha sostret de fonts bibliogràfiques proporcionades per estudis anteriors i arxius del Consell Regulador del formatge D.O.P. *Mahón-Menorca*, respectivament. A la Figura 2 es pot observar el diagrama de fluxos d'entrades i sortides del sistema.

Per a l'estudi es van seleccionar 4 fàbriques de formatge D.O.P. *Mahón-Menorca* artesà com a font primària i bibliografia d'estudis anteriors mencionats al final d'aquest article.

3.5. Anàlisi ambiental

De cada una de les empreses estudiades (sector secundari), es fa un sumatori dels impactes de tots els fluxos convertits amb els factors de conversió a kg CO₂ equivalent. Posteriorment, comparant els resultats obtinguts amb els costos econòmics de cada empresa se'n determina l'ecoeficiència (ISO). En altres paraules, l'anàlisi d'ecoeficiència es calcula partint de la producció anual de formatges (en kg), els impactes ambientals associats (en kg CO₂ eq) i la despesa econòmica que

els suposa (en €). Càlculs realitzats en base a la ISO 14045 sobre els principis i requeriments bàsics en l'estudi de l'ecoeficiència.

La quantificació d'emissions d'efecte hivernacle s'ha dut a terme a partir d'uns factors de conversió extrets del Software SimaPro8 (PRé Consultants 2010), amb base de dades EcoInvent 3 (Swiss Centre for Life Cycle Inventories 2009) i Mètode ReCiPe Midpoint (H) (Goedkoop et al. 2009). També es quantifica, en cada cas, la Demanda Acumulada d'Energia (Hischier et al. 2010).

4. Resultats i discussió

En aquest apartat anirem desglossant tota la informació recopilada a l'inventari i mostrarem els resultats dels nostres càlculs donant resposta als objectius plantejats a l'inici del treball.

El sistema estudiat consta de quatre fases, una per cada sector i una de comparació global entre sectors. Tal i com es mostrava en la Figura 2, cada un dels sectors compta amb els seus propis fluxos, alguns dels quals veurem analitzats.

4.1. Anàlisi d'inventari

4.1.1. Sector primari

Les 4 empreses estudiades extreuen la seva llet de vaques de raça frisona i el mètode de cria que utilitzen, en general, és el mètode semi-estabulat, menys la E4 que utilitza tan sols el mètode de l'estabulat.

El que veiem que varia molt d'una empresa a una altra és la producció de llet per cap de bestiar i que, en cap cas, influeix la quantitat de vaques de la finca amb la quantitat de llet obtinguda. Per exemple, l'empresa 1 amb 70 caps de bestiar produeix 9.429 L de llet/unitat de bestiar i any, mentre que l'empresa 2 amb 100 caps de bestiar produeix 2.769 L de llet/unitat de bestiar i any. En canvi, les empreses 3 i 4, tenen una producció més similar, respectivament, una amb 75 caps de bestiar i l'altre amb 80, produeixen 5.926 i 6.325 L de llet/unitat de bestiar i any.

Aquests canvis tant bruscs són deguts a que totes les vaques que té una granja no estan produint llet a la vegada. Normalment un tant per cent del bestiar està en repòs, és a dir, sense fer llet. Aquesta pràctica és molt recurrent en les explotacions lleteres i aquest fet condiciona la productivitat. El cas de l'empresa 1 és un exemple de model més intensiu on no hi ha tanta rotació de les vaques lleteres i, per tant, sempre hi ha un percentatge molt elevat de vaques produint llet. Els altres 3 casos són explotacions molt menys intensives on les vaques gaudeixen d'un major repòs i, per tant, hi ha més rotació entre les vaques que estan produint llet.

En termes qualitatius, podem dir que en haver-hi més rotació i, per tant, més repòs de produir llet del bestiar, millora la qualitat de vida de l'animal. Aquest fet, doncs, pot repercutir en una major qualitat del producte.

Tant els valors del consum d'aigua com de les emissions de metà estan estretament lligades al nombre de caps de bestiar que tingui la granja. Per tant, aquests valors augmentaran o disminuiran segons el total de vaques que tingui cada granja. Aquests resultats poden variar, però, depenent de la raça de vaca que tinguem. Com que els 4 casos són vaca frisona la relació en el nostre cas d'estudi serà la mateixa.

Finalment, pel que fa al consum de sòl veiem que aquest oscil·la entre 100 i 180 ha segons l'explotació. Aquest ús del sòl destinat per la ramaderia pot anar variant segons les necessitats de l'explotació i segons les explotacions agrícoles de la finca. Depenent també de si el bestiar és alimentat amb més o menys farratges, o bé amb pinso.

4.1.2. Sector secundari

La producció artesanal de formatge D.O.P. *Mahón-Menorca* està molt regulada, és per això que no hi ha massa diferències d'inventaris de maquinària entre les empreses estudiades.

S'ha trobat que totes les fàbriques compten amb filtre, rentadora, equip de premsat (ja sigui manual o amb aire comprimit), mànega i una bomba extractora de l'aigua del pou de 15 t/h. També compten amb una saladora, una cambra d'orejat i una cambra de maduració, amb les quals les empreses difereixen segons el funcionament d'aquestes, que pot dur-se a terme mitjançant un sistema natural amb sal i aigua, o bé amb un sistema de refrigeració incorporat.

Aquestes petites diferències de la maquinària, deixen entreveure que l'empresa 4 es tracta d'una indústria més desenvolupada tecnològicament que les altres tres, amb aparells com l'equip hidràulic de premses o la cubeta

refrigeradora/escalfadora amb tall de quallada, la qual engloba el funcionament del tanc pulmó i de la cubeta de quallada en un únic equip.

En la producció anual de formatge, són la cambra de maduració i, en segon lloc, la cambra d'orejat les que requereixen un consum energètic major, de l'ordre de 10⁴ kWh/any. Això és degut a que compten amb sistemes de refrigeració i regulació de la humitat ambient, els quals estan en funcionament pràcticament tots els dies de l'any.

En termes de consum hídic, gran part de la despesa anual de les empreses és deguda, amb aproximadament un 90%, a l'ús de la mànega, la qual es destina a la neteja de la maquinària posteriorment al procés d'elaboració del formatge. S'ha de tenir en compte, però, que els recursos hídrics no

estan comptabilitzats per les empreses estudiades, ja que l'aigua s'extreu d'un pou natural i les empreses no n'han de pagar el seu cost. La dada resultant forma part de l'aigua de la mànega, les saladores i les rentadores.

Comparant els dos tipus d'empreses, s'ha observat que les empreses artesanals tenen un procediment d'elaboració del formatge menys eficient que les empreses industrials (Taula 1). L'empresa industrial, catalogada com a E0 en aquest estudi, té un consum elèctric de 0,853 kWh per kg de formatge; mentre que les empreses artesanals (E1, E2, E3 i E4), de mitjana, és de 1,275 kWh per kg de formatge. Pel que fa al consum d'aigua, l'E0 consumeix uns 0,47 L per kg de formatge, mentre que les empreses artesanals consumeixen, de mitjana, uns 4,7 L per kg de formatge.

Taula 1. Taula de comparació de consum elèctric per empreses i etapes del procés de producció.

	Empreses industrials	Empreses artesanals			
	E0	E1	E2	E3	E4
Consum elèctric	kWh/kg formatge				
Recepció llet	0,002	0,055	0,02	0,02	
Pasteurització	0,003	0,000			
Processat del formatge	0,019	0,008	0,009	0,02	0,03
Salat i emmotllat	0,006	0,012	0,090	0,07	0
Orejat	0,339	0,292	0,592	0	0,61
Maduració	0,378	0,531	1,085	0,52	0,78
Envasat	0,004	0,003	0,002	0	0
Neteja fogasses		0,007	0,007	0	0
Neteja motlles	0,020				
Neteja	0,002				
Bombeig d'aigua		0,091	0,104	0,06	0,09
Tractament previ OI i UF	0,003				
Osmosi inversa*	0,034				
Ultrafització*	0,034				
Reformatjat*	0,011				
TOTAL	0,853	1,000	1,891	0,7	1,51
Consum d'aigua	L/kg formatge				
Neteja	0,430	3,800	5,140	3,11	5,05
Neteja fogasses		0,300	0,300	0,19	0,91
Neteja motlles	0,040				
TOTAL	0,470	4,100	5,440	3,3	5,96

En les empreses artesanals, els processos coincideixen pràcticament en tots els casos, menys en el cas de l'empresa 4, que no hi ha la recepció de la llet i el cas de l'empresa 3 on no hi ha ni el procés de maduració ni el d'envasat perquè es tracta d'una empresa que envia els formatges a madurar a un madurador extern.

Per altra banda en l'empresa E0, de tipus industrial, s'observen força canvis en els processos respecte les artesanals. Per una banda, el sistema de neteja del mètode industrial és diferent a l'artesanal i d'aquí les diferències que s'observen. El tractament previ OI i UF només el veiem en l'empresa E0, ja que és un tractament que tan sols és aplicat als formatges *Mahón-Menorca* industrials, i no es permet emprar-lo en els formatges artesans.

4.1.3. Sector terciari

Al 2014 es van comercialitzar un total de 2.307.816 kg de formatge D.O.P. *Mahón-Menorca*, que suposen un valor d'uns 15,2 milions d'euros (Consejo Regulador D.O.P. Queso *Mahón-Menorca*, 2015).

El formatge es comercialitza principalment en el mercat nacional, sent l'escenari local el majoritari. Poc més de dos terços de la comercialització s'efectua al conjunt de les Illes Balears, mentre que el terç restant es reparteix entre Catalunya (9%), la resta de la Península Ibèrica (11%) i l'exportació als mercats internacionals (11%).

Per tal de determinar l'impacte ambiental associat a la comercialització del formatge D.O.P. *Mahón-Menorca* s'ha hagut d'estimar el tipus d'embalatge del producte, el mètode de transport utilitzat i la distància recorreguda, a més de la quantitat comercialitzada a cada un dels destins, tal i com podem veure a la Taula 2.

Taula 2. Taula de comercialització, transport i embalatge

Destins	Formatge comercialitzat (kg)	Mètode de transport	Tipus d'embalatge
Menorca	391.222	Furgoneta	Paper parafinat
Mallorca	809.960	Vaixell i furgoneta	Plàstic de polietilè i cartró
Eivissa	393.540	Vaixell i furgoneta	Plàstic de polietilè i cartró
Catalunya	211.070	Vaixell i camió	Plàstic de polietilè i cartró
Resta Península	248.185	Vaixell i camió	Plàstic de polietilè i cartró
Estats Units	152.930	Avió i camió	Plàstic de polietilè i cartró
França	40.196	Avió i camió	Plàstic de polietilè i cartró
Alemanya	8.086	Avió i camió	Plàstic de polietilè i cartró
Regne Unit	7.300	Avió i camió	Plàstic de polietilè i cartró
Polònia	5.987	Avió i camió	Plàstic de polietilè i cartró
Dinamarca	5.105	Avió i camió	Plàstic de polietilè i cartró

Així doncs, s'ha estimat per a cada destí diferents mètodes de transport que hauran de recórrer una distància des de l'origen de comercialització, l'illa de Menorca, fins un punt central de cada territori.

La manera que el formatge estigui més ben conservat és envasar-lo al buit. Per tant, s'ha determinat que la quantitat de formatge comercialitzada fora de l'illa de Menorca esta envasada al buit amb plàstic de polietilè, a més d'estar protegida cada peça per una caixa de cartró. Així doncs, dins l'illa de Menorca es suposa que la comercialització es duu a terme amb les peces de formatge envasades amb paper parafinat. Per calcular quina quantitat d'embalatges es necessiten ho hem de fer a partir dels kg comercialitzats a cada destí i dividir pel pes d'una peça de formatge mitjana (2,25 kg). D'aquesta manera determinem quin és el nombre de formatges comercialitzats i, per tant, el nombre d'embalatges que es necessiten, ja que cada formatge requereix un envàs.

Realment, però, no tota la quantitat de formatge comercialitzada és d'una mateixa tipologia, sinó que tant l'artesà com l'industrial es comercialitzen tot i que és difícil concretar en l'estudi en quina mesura. És per això que a continuació es presenten dos escenaris. El formatge D.O.P. *Mahón-Menorca* artesà es comercialitza en el mercat local i nacional, és a dir, a la mateixa illa de Menorca, Mallorca, Eivissa, Catalunya i la resta de la Península. L'industrial, per la seva banda, es comercialitza a la resta de destins a més d'aquests específics per l'artesà.

Així doncs, primer s'ha suposat un escenari en el qual la quantitat de formatge que es destina als mercats local i nacional és el 50% artesà i l'altre 50% industrial, s'anomenarà Escenari 1. L'altre escenari en el qual als destins citats anteriorment es comercialitza majorment el tipus artesà

que l'industrial, en un 80% i un 20% respectivament, s'anomenarà Escenari 2.

En l'apartat 4.2 veurem com afecten al Canvi Climàtic cadascun dels escenaris contemplats.

4.2. Anàlisi ambiental

4.2.1. Sector primari

S'observa en els resultats de comparar la producció de llet amb les emissions i la sortida de serigot que la quantitat de contaminació tant d'emissions de CO₂ com del coproducte serigot és proporcional a la quantitat de llet produïda. També la quantitat de formatge obtingut és proporcional a la quantitat de llet destinada a la producció d'aquest. Per aquesta raó l'empresa 1 és la que més formatge produeix, però també la més contaminant en termes quantitius. La contaminació que produeix aquesta empresa en un any és de l'ordre de $7,59 \cdot 10^5$ kg CO₂ eq, però no està gaire lluny de la resta.

Totes les empreses estudiades utilitzen el serigot generat en el procés de producció del formatge com a aliment pel bestiar porcí de la mateixa explotació. És per això que el considerem un coproducte.

4.2.2. Sector secundari

De tota la maquinària present en l'inventari, les cambres d'orejat i maduració són les que generen una major despesa econòmica i emissions de CO₂.

L'energia elèctrica és el principal flux de consum en la fabricació de formatge. Aquest representa entre el 70 i el 80% de les emissions de CO₂ associades als fluxos generats per a cada una de les empreses,

seguit del gasoil (la quantitat d'aigua i reactiu emprada és negligible).

De les empreses estudiades, la més ecoeficient és l'empresa 3, generant uns 0,009 kg de CO₂ eq. per kg de formatge produït. Això és degut a que és una empresa que no duu a terme la fase de maduració i envasat en les seves pròpies instal·lacions. I tot i tenir en compte la fase de maduració mitjançant les dades estimades, l'empresa 3 (E3*) segueix essent la més ecoeficient en comparació amb la resta, generant 0,52 kg de CO₂ eq. per kg de formatge produït (Figura 3). Aquest fet s'atribueix a que s'utilitza un procés d'orejat natural (sense sistema de refrigeració ni regulació de la humitat) que deriva en un estalvi econòmic i menor impacte de CO₂.

4.2.3. Sector terciari

Una vegada analitzades les dues parts del procés de comercialització, també es pot realitzar un anàlisi conjunt del que seria el sector terciari de l'anàlisi del cicle de vida del formatge D.O.P. *Mahón-Menorca*. Això permet observar el què representa el transport i l'embalatge, englobats dins del procés de comercialització, en quant a emissions de CO₂ equivalents.

Contemplant un escenari en el qual a la comercialització del formatge no es té en compte les dues tipologies, industrial i artesana, les emissions de CO₂ associades al transport suposen la major part de les emissions que es generen durant tot el procés de comercialització del formatge D.O.P. *Mahón-Menorca*, sent un 97% total d'emissions pel 3% restant associades a l'embalatge, d'un total de $1,74 \cdot 10^6$ kg de CO₂ eq anuals. Els resultats obtinguts no són d'estranyar ja que és evident que el transport sempre ha sigut i és un dels principals generadors d'emissions de CO₂, molt per sobre que l'embalatge.

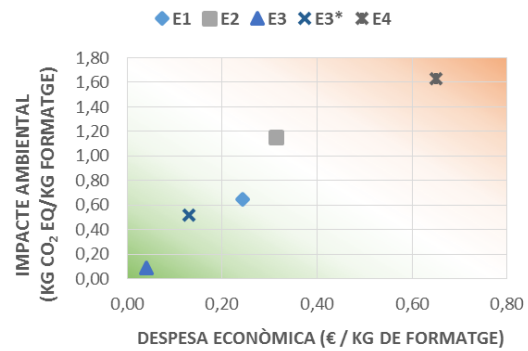


Figura 3. Gràfica d'ecoeficiència de les empreses estudiades.

Realitzant l'anàlisi per diferenciar els dos aspectes del procés de comercialització, també es pot dur a terme un anàlisi conjuntament amb el transport i l'embalatge i observar quin és el destí on la comercialització del formatge D.O.P. *Mahón-Menorca* representa una major o menor quantitat d'emissions totals de CO₂ equivalents al llarg d'un any. Per tant, la comercialització als Estats Units és la que més emissions genera, degut sobretot per la distància i les dimensions del país, i amb un total de $1,44 \cdot 10^6$ kg de CO₂ eq anuals; seguit de Mallorca, degut sobretot per ser la zona geogràfica on es ven més quantitat de formatge, amb un total de $8,33 \cdot 10^4$ kg de CO₂ eq anuals.

El següent escenari mostrava una distribució de formatge del 50% artesà i 50% industrial als destins de Menorca, Mallorca, Eivissa, Catalunya i la resta de la Península, sent tan sols industrial per a la resta de destins. La construcció d'aquest escenari permet observar que les emissions de CO₂ totals associades a la comercialització del formatge industrial són 20 vegades majors que les associades a la comercialització del formatge artesà. Pel que fa a les emissions de CO₂ associades al procés d'embalatge, tant pel formatge artesà com per l'industrial s'han obtingut valors força similars, de l'ordre de 10^4 . Aquest fet ve donat a que la major quantitat de formatge que es destina en un

any es realitza al mercat local i nacional i, això, equipara les coses.

L'últim escenari proposat mostrava una distribució de formatge del 80% artesà i 20% industrial als destins de Menorca, Mallorca, Eivissa, Catalunya i la resta de la Península, sent tan sols industrial per a la resta de destins. Augmentant el gruix de comercialització del formatge artesà als mercats local i nacional suposa, a diferència de l'anterior escenari, una reducció de la diferència d'emissions de CO₂ totals que representen els dos tipus de formatges a gairebé 10 vegades, sent la comercialització del formatge industrial la que major quantitat d'emissions genera. És per això que si s'augmenta, en proporció, la distribució del formatge artesà en aquests mercats, proporcionalment les emissions associades al procés d'embalatge també ho faran.

4.2.4. Anàlisi integral

Finalment, segons els resultats obtinguts, el sector primari, el de la ramaderia, és dels tres el sector que contribueix més clarament al Canvi Climàtic al llarg de l'anàlisi del cicle de vida del formatge D.O.P. *Mahón-Menorca*, ja que representa un 90% de les emissions de CO₂ generades pels dos tipus de formatge. En el cas de la tipologia industrial, el sector que menys contribueix al Canvi Climàtic és el sector secundari, el de la producció, el qual representa aproximadament el 3,5% del total d'emissions per als dos escenaris contemplats, mentre que el sector terciari ho fa en un 6% aproximadament. En canvi, en el cas de la tipologia artesana, el sector que menys emissions de CO₂ genera és el sector terciari, el de la comercialització, el qual no arriba a representar ni el 0,5% del total d'emissions per als dos escenaris contemplats, mentre que el sector secundari ho fa en gairebé un 9% (Taula 3 i Taula 4).

Això és degut a que les etapes d'alimentació del bestiar boví lleter, de l'agricultura i dels fems són les que contribueixen a generar més emissions de gasos d'efecte hivernacle (Biocheese, 2015). Ara bé, per tal de ser justos i mètrics, cal tenir en compte que els paràmetres considerats han estat delimitats en funció dels recursos dels quals es disposava.

Si parem a analitzar detingudament, es pot observar que varia en el resultat total una quantitat de 0,02 kg de CO₂ eq, per kg de formatge, que passen de ser associades al formatge industrial, en el primer escenari, a contribuir en les emissions associades al formatge artesà, en el segon cas. Aquesta dada en quantitats petites, com és el cas d'1 kg de formatge podria ser irrellevant, però si es té en compte la quantitat de formatge que es produeix i es comercialitza anualment, les emissions de CO₂ que se'n deriven són considerables. Per exemple, en l'*Escenari 1* la quantitat d'emissions totals associades al formatge artesà sumen un total de 8,29·10⁴ kg CO₂ equivalents, mentre que a l'*Escenari 2* passarien a representar un total de 1,33·10⁵ kg de CO₂ equivalents.

Taula 3. Escenari 1: Emissions de CO₂ equivalent, per kg de formatge, associades al procés global

Escenari 1				
Sectors	Industrial		Artesà	
	kg CO ₂ /kg F	% kg CO ₂ /kg F	kg CO ₂ /kg F	% kg CO ₂ /kg F
R	10,61	90,31	10,61	90,95
P	0,42	3,57	1,02	8,74
C	0,72	6,12	0,04	0,31
TOTAL	11,75	100	11,67	100

d'elaboració del formatge.

En la Taula: R (ramaderia), P (producció), C (comercialització) i F (formatge).

Taula 4. Escenari 1: Emissions de CO2 equivalent, per kg de formatge, associades al procés global d'elaboració del formatge.

Escenari 2				
Sectors	Industrial		Artesà	
	kg CO ₂ /kg F	% kg CO ₂ /kg F	kg CO ₂ /kg F	% kg CO ₂ /kg F
R	10,61	90,47	10,61	90,78
P	0,42	3,58	1,02	8,73
C	0,7	5,95	0,06	0,49
TOTAL	11,73	100	11,69	100

En la Taula: R (ramaderia), P (producció), C (comercialització) i F (formatge).

Així doncs, tenint en compte l'anàlisi realitzat s'hauria de focalitzar clarament en els aspectes del sector primari per disminuir l'impacte vers el medi ambient però és molt recomanable, tal i com es presentarà a les propostes de millora, que es realitzin estudis posteriors que corroborin aquestes dades. Els estudis que es proposen haurien d'anar focalitzats a una major obtenció de dades quantitatives gràcies a un augment de la participació d'empreses del sector en l'estudi. Aquesta major implicació facilitaria dades de major qualitat al poder ser contrastables de manera més eficaç i, així, obtenir una fiabilitat major de les mateixes. Malgrat que el sector ramader tingui un major impacte, aquestes accions de millora podrien ser més difícils de realitzar que, per exemple, només canviar els embalatges a un de menor impacte o potenciar el consum local de formatge. D'aquesta manera, i tenint en compte els principis científics més elementals, caldrà dissenyar i desenvolupar estudis més acotats i que aprofundeixin de manera més penetrant en la producció del formatge amb D.O.P. *Mahón-Menorca* per determinar amb exactitud les necessitats i oportunitats de millora que argumentin i donin valor afegit a la feina realitzada.

5. Conclusions

El present projecte ens ha permès arribar a un seguit de conclusions referents a la fabricació de formatge amb Denominació d'Origen Protegida *Mahón-Menorca* des d'una perspectiva holística del procediment i el seu enfocament ambiental. Les conclusions han estat estructurades en sectors.

Referent al sector primari, el de la ramaderia, s'ha pogut corroborar que és dels tres sectors el que més impacte té vers el medi ambient. Segons les dades obtingudes, i realitzant una mitjana d'emissions generades per les quatre empreses estudiades, s'han obtingut valors de l'ordre de $5 \cdot 10^5$ kg de CO₂ equivalents, cada any.

En quant al sector secundari, el de la producció, s'ha constatat que les empreses artesanals tenen un procediment d'elaboració del formatge menys eficient que les empreses industrials. Per exemple, en termes de consum elèctric, les empreses artesanes superen la xifra de 1 kWh per kg de formatge, mentre que les industrials estan per sota d'aquest valor. L'energia elèctrica és el principal flux de consum en la fabricació de formatge, aquest representa entre el 70 i el 80% de les emissions de CO₂ associades als fluxos generats per a cada una de les empreses, seguit del gasoil (la quantitat d'aigua i reactiu emprada és negligible).

Finalment, pel que fa al sector terciari, el de la comercialització, s'ha observat que les emissions de CO₂ associades al transport són molt majors que les generades durant l'embalatge, sent aproximadament un 97% front un 3% respectivament, d'un total de $1,74 \cdot 10^6$ kg de CO₂ equivalents anuals. Diferenciat entre les dues tipologies de formatge, les emissions de CO₂ equivalents, per kg de formatge artesà comercialitzat, són molt

menors que les que representen les emissions per kg de formatge industrial.

En resum, les emissions de CO₂ equivalents, per kg de formatge, són molt superiors en el sector primari si ho comparem amb els altres dos sectors, representant un 90% del total d'emissions generades pels dos tipus de formatge, en els dos escenaris contemplats en el present projecte. En el cas de la tipologia industrial, el sector que menys contribueix al Canvi Climàtic és el sector secundari, ja que com s'ha comentat aquestes empreses consten d'una producció molt més eficient que l'artesà. D'altra banda, en el cas de la

tipologia artesana, el sector que menys impacte genera és el terciari, ja que la comercialització d'aquest tipus es duu a terme als mercats de proximitat, mentre que l'industrial majoritàriament s'exporta.

6. Agraïments

A les empreses col·laboradores i al consorci del formatge per la seva aportació d'informació i dades sobre les tècniques i procediments que realitzen en el seu procés de fabricació de formatge amb D.O.P. *Mahón-Menorca*. Sense oblidar-nos de les entitats col·laboradores OBSAM, Fundació Mongofre i la UAB per fer possible la realització d'aquest estudi.

Referències

Aguirre-Villegas, H. et al. (2011). *Understand the Carbon Footprint of Cheese*.

Hospido, A., Moreira, MT., Feijoo, G. (2003). *Simplified Life Cycle Assesment of Galician Milk production*. International Dairy Journal 13 (2003) 783 796..

Llopis, L. (2010). *Evolución de alternativas para la disminución del impacto ambiental del proceso de elaboración de queso D.O. Mahón-Menorca a gran escala mediante análisis de ciclo de vida*. Universidad Politécnica de Valencia.

Díez, I., Navarro, R., Vilaplana, A. (2015). *Estudi del sector agroalimentari del formatge a Menorca i la seva biodiversitat associada*. Universitat Autònoma de Barcelona.

Sanjuan, N., Ribal, J., Clemente, G., Fenollosa, ML. (2011). *Measuring and Improving Eco-efficiency Using Data Envelopment Analysis*. Universitat Politècnica de València.

