
Entomofàgia, nova font de proteïna sostenible? Recerca bibliogràfica.

Treball Final de Màster Nutrició i Salut

Autor/a: Albert Careta Plans

Director/a: Sílvia de Lamo Castellví

Octubre 2020 - Gener 2021



Aquesta obra està subjecta a una llicència de Reconeixement-NoComercial-SenseObraDerivada (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/deed.ca>)

Índex

Contenido

Resum	3
1. Introducció	5
2. Objectius	7
3. Metodologia	7
3.1 Estratègia de cerca.....	8
4. Resultats.....	9
4.1 Història de la entomofagia	9
4.2 Consum d'insectes i medi ambient.....	11
4.3 Valor nutricional dels insectes	14
4.3 Seguretat alimentària	19
4.3 Entomofàgia i malnutrició.....	20
5. Discussió.....	23
6. Aplicabilitat i noves línies de recerca	25
7. Conclusions	28
8. Bibliografia	30

Resum

L'augment demogràfic i de demanda de proteïna animal al món xoca amb una crisi climàtica provocada per la contaminació de l'activitat humana. Els sistemes de producció alimentària actuals, especialment els de ramaderia intensiva, generen una part important d'aquesta contaminació, i per tant cal trobar alternatives alimentàries per afrontar el futur d'una forma més sostenible.

L'objectiu d'aquesta revisió bibliogràfica és crear una visió global sobre com l'hàbit del consum humà d'insectes (entomofàgia), que ja es practica de manera tradicional en alguns països, podria contribuir a millorar la producció de proteïna d'alt valor biològic de forma més ecològica i sostenible.

L'estudi ha estat dut a terme analitzant articles publicats en revistes científiques o institucions oficials relacionades amb l'alimentació, i s'ha centrat específicament en tres àmbits: aspectes mediambientals, valor nutricional dels insectes, i relació d'entomofàgia i malnutrició al món.

Els resultats obtinguts han mostrat avantatges mediambientals de la cria d'insectes respecte altres espècies de bestiar tradicional com les aus, els porcs o la ramaderia bovina. Així mateix, s'ha observat una composició nutricional dels insectes que els converteixen en un producte interessant per al consum humà, amb un contingut elevat de proteïna d'alta qualitat, lípids insaturats i fibra. Aquestes característiques junt amb la seva fàcil cria i índex de reproducció, les converteixen en un producte interessant també per ajudar a combatre problemes de malnutrició o convertir-se en un nou mitjà de subsistència per algunes famílies.

Tot i així, es requereix més investigació sobre varis temes relacionats amb l'entomofàgia, com els seus aspectes limitants, les característiques de diverses espècies i les millors condicions per la seva cria.

Paraules clau

Revisió + *entomofàgia, proteïna sostenible, insectes comestibles.*

Abstract

The demographic increase and high demand of animal protein confronts with a climatic crisis caused by human activity contamination. The current alimentary production systems, specially those of intensive stockbreeding, generate an important part of this contamination. Therefor, it is needed to find alimentary alternatives to face the future with a more sustainable form.

The objective of this bibliographic research is to create a global view about how the human habit of eating edible insects (entomophagy), which is traditionally practised in some countries, could contribute to improve the production of high value protein in a more ecologic and sustainable form.

The research has been realized analysing papers published in scientific journals or official institutions related with diet, and has focused specifically on three aspects: environmental impact, insect's nutritional values and relationship between entomophagy and malnutrition.

The results obtained have shown environmental advantages of insect raising in front of other traditional livestock species like poultry, pork or beef. Moreover, their nutritional composition turns insects into an interesting product for human consumption, with a high content of protein, lipids and fibre. These features, together with the easiness of their raising and their high index of reproduction, also make insects a good product to fight malnutrition issues or to become a new way of subsistence for families.

Nevertheless, more research is needed about various aspects of entomophagy, like his limitations, features of each species and the best conditions for their raising.

Key words

Review + entomophagy, sustainable protein, edible insects.

1. Introducció

L'increment en la demanda de producció i consum de carn, que no ha deixat d'augmentar en els últims anys a occident, està tenint conseqüències desastroses per al medi ambient del planeta, i deixant una gran empremta ecològica. Augment d'emissions de CO₂, desforestació, elevat consum d'aigua potable i contaminació del subsol, són només alguns dels problemes que representa l'elevat consum de carn en la nostra dieta.^[1,2,3.]

Darrerament, el Grup Intergubernamental d'Experts sobre el Canvi Climàtic (IPCC per les seves sigles en anglès), ha recalcat la importància de canviar el model alimentari per a fer-lo més sostenible; centrant-se especialment en reduir el consum de carn i el malbaratament alimentari, i passar d'una dieta basada en ultraprocessats a una de més saludable basada en aliments d'origen vegetal com cereals, llegums, fruites i verdures; i aliments d'origen animal produïts de forma sostenible (evitant centres de producció intensiva amb acumulació de residus, utilitzant mitjans d'alimentació que requereixin menys desforestació, etc.).^[4,5]

La carn però, és un aliment que aporta nutrients molt interessants i necessaris a la dieta: vitamines del grup B com la B12, àcid fòlic, minerals com el ferro o el fòsfor, i sobretot, proteïna d'alta qualitat que conté tots els aminoàcids essencials que el cos humà no pot produir.^[6] Així doncs, seria interessant substituir aquesta reducció del consum de carn per una alternativa més sostenible i que ens pogués aportar beneficis similars als del seu consum.

En aquest sentit, la introducció de la entomofàgia, és a dir, el consum humà d'insectes en la nostra dieta com a font complementària de proteïna, pot ser una opció interessant per a substituir aquest creixement exponencial del consum de carn que tant perjudicial resulta per al medi ambient. Entitats com la Organització de les Nacions Unides per a l'Agricultura i l'Alimentació (FAO) van publicar el 2013 informes en els que argumenten els avantatges del consum d'insectes, destacant les taxes de conversió aliment-proteïna d'insecte, reducció de l'emissió de gasos contaminants, aprofitament dels residus com a aliment per als insectes, disminució del consum d'aigua per a la seva criança, resistència del seu organisme a condicions adverses i sequeres, i menys dependència de l'extensió de terra invertida.^[7] A més, aquest mateix informe recalca la poca inversió que requereix la seva producció i la facilitat de la seva criança, presentant-los com a una possible solució a crisis alimentàries i malnutrició en diversos països.

En quant a l'equivalència nutricional, els insectes proporcionen proteïnes d'alta qualitat, així com elevats nivells d'àcids grassos, fibra i micronutrients, que els donen un perfil nutricional ben equilibrat.^[7,8] Exemples d'alguns insectes nutricionalment interessants i que estant sent comercialitzats actualment són el *Tenebrio Molitor* o "cuc de la farina", *Acheta Domesticus* o "grill domèstic" i *Bláptica Dubia* o "panerola".

Per tots aquests motius, el consum d'insectes es planteja com una alternativa real al consum de carn en zones com Europa i Estats Units, i obre a mes, tota una nova perspectiva de mercat: des de productes frescos, a productes processats per a centres de distribució, a una revolució per a la gastronomia amb una infinitat de noves receptes i sabors per a explorar. A mes, hi ha altres camps en els quals s'especula sobre la utilitat del consum d'insectes, com la nutrició animal i l'alternativa als pinsos.^[9,10,11]

La legislació del consum d'insectes a Espanya passa pel Reglament del Parlament Europeu de 25 de Novembre de 2015 relatiu a nous aliments, que classifica els insectes dins el grup de "Novel Food".^[12] De tota manera, a l'espera que la Comissió Europea en reguli la seva comercialització, bé sigui redactant una llista de les espècies autoritzades a ser comercialitzades o bé definint productes alimentaris amb insectes com a ingredients, a Espanya actualment es poden comercialitzar, només per a animals exòtics, les espècies que ja tenen presència i són tolerades en mercats d'altres estats membres on la legislació pròpia en permet el seu comerç.

Arrel d'aquest procés de legislació, ja s'han creat a Espanya diverses empreses dedicades a l'assessoria per fer granges d'insectes com "Proteinsecta" o "Iberinsect", la importació d'aliments amb base d'insectes, o l'assessorament de creació de granges.^[13,14,15]

Així doncs, davant un fenomen creixent, suportat per les entitats internacionals referents en alimentació, i amb un mercat realment ampli davant, aquesta revisió de la bibliografia pretén analitzar la situació actual de la entomofàgia a Espanya i Europa, així com aprofundir en els possibles beneficis transformadors d'aquesta alternativa alimentària tant a nivell nutricional com a nivell mediambiental i per a combatre la crisi alimentària a nivell internacional.

2. Objectius

- Mesurar l'impacte en el canvi climàtic que pot tenir la incorporació de la entomofàgia en la dieta humana a Europa.
- Descriure riscos i beneficis derivats del consum humà de diverses espècies d'insectes.
- Analitzar quins beneficis pot tenir la producció d'insectes a gran escala per a combatre la malnutrició infantil.

3. Metodologia

Les bases de dades utilitzades han estat PubMed, Cochrane, Dialnet i SciELO. També s'han utilitzat dades d'organitzacions no governamentals i intergovernamentals; així com d'associacions espanyoles i europees relacionades amb la nutrició.

Els criteris de selecció de la bibliografia han estat els següents:

Criteris d'inclusió:

- Bibliografia no anterior a l'any 2002.
- Articles redactats en català, castellà o anglès.
- Articles inclosos en els cercadors de literatura científica PubMed, Cochrane, Dialnet i SciELO, que compleixin els criteris anteriors.
- Bibliografia procedent d'entitats Espanyoles o Europees reconegudes dedicades a la nutrició.
- Informes oficials d'entitats intergovernamentals o no governamentals que hagin estat presentats de forma reconeguda en congressos i les dades dels quals hagin estat àmpliament emprades i citades en la comunitat científica.

Criteris d'exclusió:

- Bibliografia anterior a l'any 2002.
- Articles que estiguin publicats en llengües diferents a les mencionades en els criteris d'inclusió.
- Articles que no tinguin relació directe amb les preguntes d'investigació.
- Articles que no tinguin una puntuació mínima de 5 en l'escala de lectura crítica "CASPE".

3.1 Estratègia de cerca

Al tenir diverses línies de recerca, en aquest article s'ha utilitzat una metodologia de recerca per a cadascuna d'elles

Relació de l'entomofàgia amb el canvi climàtic: Degut a que les dades sobre l'acceleració del canvi climàtic són constantment canviants, no s'han seleccionat articles ni informes anteriors a 2015. Les dades descriptives i estadístiques han estat extretes únicament d'informes oficials d'entitats intergovernamentals o no governamentals que hagin estat presentats de forma reconeguda en congressos i les dades dels quals hagin estat àmpliament emprades i citades en la comunitat científica.

Paraules de cerca: ("entomophagy, climate change") OR ("entomophagy AND climate change") OR ("entomophagy, global warming") OR ("entomophagy AND global warming") OR ("edible insects, climate change") OR ("edible insects AND climate change")

Riscos i beneficis del consum humà d'insectes: la metodologia de cerca s'ha centrat en articles extrets especialment del *Directori sobre Investigació del Consum d'Insectes*^[16] de la l'Organització de les Nacions Unides per a l'Agricultura i l'Alimentació (FAO), el qual conté més de 200 articles relacionats amb el tema d'investigació, així com d'altres entitats o associacions reconegudes de nutrició a Espanya i Europai i l'*Entomological Society of America (ESA)*. També s'han utilitzat cercadors de literatura científica com la llibreria Cochrane, PubMed, Dialnet o SciELO.

Paraules de cerca: ("entomophagy, food security") OR ("entomophagy AND food security") OR ("edible insects, nutritional composition") OR ("edible insects AND nutritional composition") OR ("edible insects, benefits") OR ("edible insects AND benefits")

Relació de l'entomofàgia amb la malnutrició: En aquest cas les dades han estat extretes d'informes d'organitzacions no governamentals, així com d'informes estadístics dels propis governs de països que presenten problemes de malnutrició infantil. S'ha utilitzat la bibliografia mes recent disponible sobre cada país o regió. També s'han utilitzat cercadors de bibliografia científica com Cochrane Plus, Dialnet, o SciELO, així com articles referenciats per l'Organització Mundial de la Salut.

Paraules de cerca: ("malnutrition") OR ("child malnutrition") OR ("malnutrition AND edible insects") OR ("malnutrition AND entomophagy") OR ("insect farming")

4. Resultats

4.1 Història de la entomofagia

L'entomofagia ha format part de l'alimentació humana durant milers d'anys. Les primeres esmenes que en fan referència es troben en la literatura bíblica, així com en escriptures de les religions jueva i islàmica, i les cultures grega i egípcia. Aristòtil escrivia en la seva obra *Historia Animalium* que per als grecs, les crisàlides eren considerades un aliment exquisit, i que en algunes espècies d'insectes, "les femelles després de copular tenen mes bon gust ja que estan plenes d'ous".^[17] No obstant, menjar insectes era, i encara és actualment, un tabú en les societats occidentals, en les quals la relació entre les activitats del sector primari i els insectes, s'han establert per a l'obtenció de productes com la mel de les abelles o la seda dels cucs, però no per al consum de l'insecte per a l'alimentació humana.

Històricament, Europa ha comptat amb un nombre considerable de mamífers que han estat domesticats, fet que va comportar també un augment de la productivitat agrària gràcies a la força de treball animal, a més de produir productes animals de forma indirecta com els làctics i els ous. Així, aquests productes van conformar la principal font de proteïna animal. A més, degut a les condicions climàtiques del continent, la disponibilitat d'insectes era molt dependent de l'estacionalitat, a diferència de països tropicals on la seva disponibilitat és més estable (veure Figures 1 i 2). Aquest conjunt de factors va comportar, probablement, la pèrdua d'interès de la població europea pels insectes com a aliment.^[18]

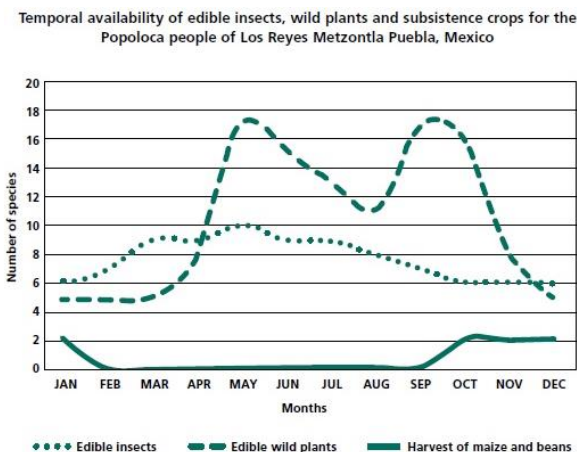


Figura 1. Disponibilitat d'insectes comestibles en comparació a plantes salvatges i cultius a Mèxic. Font: Acuña et. al. 2011

Availability of edible insects, Lao People's Democratic Republic, by month

Habitat	Common name (scientific name)	Jan	Feb	Mar	Apr	May	June	July	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Aquatic	Water scorpion (<i>Laccotrephus</i> sp.) (Nepidae)												
	Diving beetle (<i>Gybister</i> sp.) (Dytiscidae)												
	Water scavenger (<i>Hydrophilus</i> sp.) (Hydrophilidae)												
	Dragonfly larvae												
	Giant water bug (<i>Lethocerus indicus</i>) (Belostomatidae)												
Ground	Cricket (<i>Tarbinskiellus portentosus</i>) (= <i>Brachytrupes achatinus</i>) (Gryllidae)												
	Scale insect (<i>Drosicha</i> sp.) [Monophlebidae = Margarodidae]												
	Dung beetles (Scarabaeinae)												
Tree/ Bush/ Shrub	Cicada (Cicadidae)												
	Weaver ant (<i>Oecophylla smaragdina</i>) (Formicidae)												
	Stink bug (<i>Tessarotoma quadrata</i>) (Pentatomidae)												
	Scarabid beetle (<i>Holotrichia</i> sp.) (Scarabaeidae)												
	Grasshoppers (Orthoptera)												
	Bamboo caterpillar (<i>Omphisa fuscidentalis</i>) (Pyralidae)												

Figura 2. Disponibilitat d'insectes comestibles a Lao . Font: Nonaka, 2010

En moltes parts del món però, com Austràlia, Àfrica, i països d'Àsia o Sud Amèrica, el consum d'insectes ha format, i forma, part de la seva dieta habitual. Actualment es calcula que almenys 2 bilions de persones al món consumeixen insectes en la seva dieta, i s'han documentat més de 2000 espècies d'insectes comestibles, la major part en països tropicals.^[18,19] Les raons que el consum d'insectes sigui major en zones tropicals són que la seva disponibilitat és major, existeix una major varietat d'espècies, tendeixen a ser de major tamany ja que tenen millor condicions ambientals de creixement i no depenen tant de l'estacionalitat (en altres regions moltes espècies hivernen per suportar l'hivern, fet que redueix molt la seva disponibilitat). Un altre factor que condiciona la disponibilitat natural d'insectes són els depredadors naturals. Algunes



Infografia 1. Nombre registrat d'insectes comestibles per país. Font: Centre for Geo Information, Wageningen University, based on data compiled by Jogema, 2012

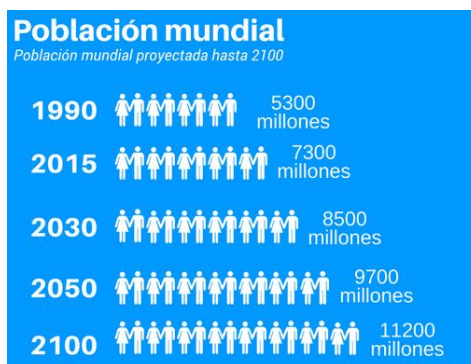
de les espècies més consumides al món són: escarabats, erugues, abelles, vespes, formigues, saltamartins, llagostes, grills, cigales, paneroles, termites, libèl·lules i mosques.

S'estima que existeixen al voltant de 1 milió d'espècies d'insectes, malgrat només una part (entre un 7 i un 10%) està descrita científicament, i que l'ordre dels insectes suposen un 66% de les espècies totals conegudes. El fet que existeixi aquesta gran diversitat d'espècies, és un avantatge important a nivell de la seguretat alimentària, ja que totes les zones del món tenen espècies d'insectes autòctones que podrien ser criades per al seu consum humà, i això implica que es poden utilitzar espècies en substitució d'altres si per algun motiu no es pot dur a terme la cria d'una espècie en concret. Per altra banda, el fet que hi hagi gran varietat d'espècies, també implica un gran potencial en la diversitat nutricional que els insectes poden oferir en la dieta.^[18]

4.2 Consum d'insectes i medi ambient

Les previsions actuals de les Nacions Unides sobre creixement demogràfic a nivell mundial preveuen que la població mundial arribi als 8.500 milions d'habitants l'any 2030, 9700 milions l'any 2050, i 11.200 milions l'any 2100.^[20]

Aquest augment demogràfic comportarà, implícitament, un augment de la necessitat de producció d'aliment. S'espera que entre l'any 2000 i el 2050 la demanda de carn al món es multipliqui per més de dos (70-80%), i de la mateixa manera, el consum de peix s'ha incrementat dràsticament en els últims 50 anys.^[18]



Infografía 2. Población mundial. Font: World Population Prospects. Nacions Unides.

L'abastiment d'aquests aliments amb els models de producció actuals comporten efectes molt significatius sobre el medi ambient, com l'emissió de gasos d'efecte hivernacle i la contaminació d'aigües subterrànies amb toxines i patògens^[21,22], així com un augment de la desforestació per a l'alimentació del bestiar i un augment del consum d'aigua^[23]. En base a l'informe recent de l'IPCC el 70% del consum mundial d'aigua dolça es destina a l'agricultura.^[2] Al seu torn, segons un informe de 2006 de l'Organització de les Nacions Unides per a l'Alimentació i l'Agricultura (FAO), el 70% de tota la terra destinada a l'ús agrícola a la Unió Europea, és destinada a l'alimentació de bestiar, i a mesura que la demanda de carn augmenti, també ho hauran de fer els cultius

de proteïna vegetal per a alimentar el bestiar, fet que farà augmentar aquest percentatge.

Així doncs, es requereixen mesures urgents per a poder fer front a aquestes demandes de forma sostenible i obtenir noves fonts de proteïna. En aquest sentit, les oportunitats del consum d'insectes actualment són enormes.

Algunes avantatges del consum d'insectes a nivell mediambiental són:

- **El factor de conversió alimentari**, es a dir, la relació entre la quantitat d'aliment que consumeix l'animal i el pes que guanya, és molt més elevada que en el bestiar (fins a 12 vegades més que les vaques). Això atorga a la majoria d'espècies d'insectes, un alt índex de creixement.^[24]

Malgrat les dades del factor de conversió alimentari varien en cada espècie animal, s'estima que per a la producció de 1kg d'engreix, els pollastres necessiten consumir 2,5kg d'aliment, els porcs 5kg i els vedells/vaques 10kg. En el cas dels insectes, aquest factor de conversió és molt més baix. Per exemple, per a la producció d'1kg de grills (en pes humit), el consum alimentari és de 1,7kg d'aliment. A més, la porció comestible dels insectes és major que la de la resta d'animals: s'estima un 80% de pes comestible en el cas dels insectes, un 55% de la ramaderia avícola i porcina, i un 40% de la ramaderia bovina.^[18,24]

Si traduïm aquestes dades a la pràctica, trobem que els insectes són dues vegades més eficaços en convertir aliment en proteïna animal que els pollastres, quatre vegades més que els porcs, i dotze vegades més que les vaques.^[18,24,25]

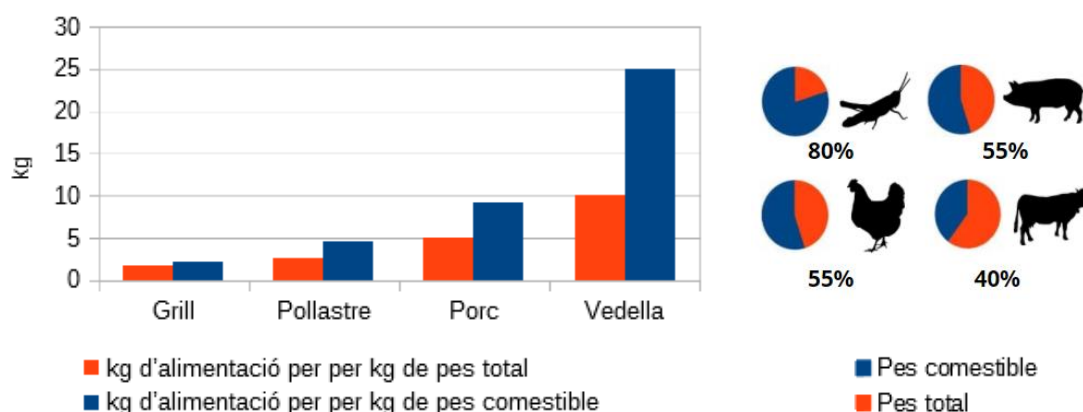


Figura 3.. Eficiència de producció de carns convencionals i d'insectes. Kgs d'alimentació per pes total i per part comestible. Elaboració pròpia a partir de les dades de: Van Huis, 2013.

Actualment es pensa que la raó d'aquesta diferència és que, al ser animal de sang freda, els insectes no requereixen aliment per a mantenir la temperatura corporal.^[18,25]

- **Poden ser alimentats amb residus vegetals**, fet que afegeix valor al residu d'altres indústries, redueix el malbaratament alimentari i redueix les extensions necessàries de cultius per alimentar espècies que produeixin proteïna animal. Un estudi de 2015 (*Miglietta, P.P. et al.*) cita l'alta eficiència dels insectes, en concret de l'espècia *Tenebrio Molitor* (cuc de la farina), de convertir restes vegetals en proteïna animal d'alt valor biològic.^[26] Els insectes també poden ser criats amb corrents orgàniques secundàries com compostatge, purins de porcs i fems, reduint així la càrrega orgànica dipositada a l'aigua i la terra, tot i que la utilització d'aquestes fonts d'aliments es troba en estudi degut a la càrrega de patògens que comporten. No obstant, els insectes ofereixen una solució sostenible a la problemàtica de l'excés de fems animals. Espècies d'insectes com la mosca soldat negre (*Hermetia Illucens*), la mosca comú (*Musca Domestica*) i el cuc de la farina (*Tenebrio Molitor*) són altament eficaços en bioconversió de residus orgànics.^[24,25]

- **Emeten una quantitat molt menor de gasos efecte hivernacle**. Un estudi de 2012 revela que la quantitat de gasos d'efecte hivernacle (CH₄, N₂O, NH₃ i CO₂) generat per la producció de 1 Kg de *Tenebrio Molitor* era molt inferior a la de bestiar tradicional, així com els requeriments de superfície necessaris per a la seva producció. No obstant, els requeriments energètics per a la seva cria són similars a la de la resta de bestiar^[22], i varien en funció de la zona geogràfica, ja que al ser animals de sang freda, els insectes depenen més de la temperatura i humitat del substrat ambientals.^[26] Per tant, les zones tropicals amb temperatures més altes i estables al llarg de l'any, generen menys despesa energètica per a la seva producció.^[27] Per altra banda, el fet de no haver de no ser un tipus de cria terra-dependent, genera un efecte compensatori de les emissions de CO₂ per la conservació dels espais naturals. Algunes empreses han desenvolupat la seva pròpia tecnologia de granges verticals en les quals crien grans quantitats d'insectes amb superfícies de terra relativament petites.^[28]

- **Consumeixen una quantitat molt menor d'aigua**. Hi ha estudis que demostren que algunes espècies d'insectes poden extreure tota l'aigua que necessiten de l'aliment que consumeixen. A més, si són criats en les condicions de temperatura i d'humitat necessàries, no requereixen altres aportacions d'aigua.^[26] Tal i com es pot observar en la *Figura 4* el consum d'aigua consumit pels cucs de la farina en comparació a espècies d'aus i mamífers, és molt menor.

Aliment	Consum d'aigua per tonelada comestible (m ³ /t)	Contingut nutricional en termes de proteïna (g/kg comestible)	Consum d'aigua per unitat de valor nutricional (L/g proteïna)
<i>Tenebrio Molitor</i>	4341	185	23
Porc	5988	105	57
Pollastre	4325	127	34
Vedella	15415	138	112

Figura 4. Consum d'aigua en productes alimentaris d'origen animal en terme de proteïnes. Elaboració pròpia a partir de les dades de *Mealworms for Food: A Water Footprint Perspective*.2015

Per altra banda, mes enllà de què els insectes puguin ser una alternativa al consum humà de carn de bestiar, també poden esdevenir l'aliment d'aquest; substituint la proteïna que en molts casos prové de la soja (cultiu de la qual ocupa grans extensions de terra) o d'altres animals. Per exemple, un 10% de la producció mundial de peix és utilitzada per l'alimentació d'altres peixos en piscifactories. Actualment alguns països, especialment de Sud-Amèrica, estan utilitzant la farina d'insectes com a alternativa per a l'alimentació de peixos en piscifactories.^[18]

Finalment, cal tenir en compte l'empremta ecològica del producte en si mes enllà del seu ús alimentari. En el cas de les porcions no comestibles dels insectes, hi ha diversos projectes que els rendibilitzen: des de fabricació de fertilitzants fins a fabricació d'envasos biodegradables i pesticides basats en nano fibres de quitina; element present en l'exoesquelet dels insectes i que ha demostrat els seus efectes antibacterians i antivirals.^[18,29,30]

4.3 Valor nutricional dels insectes

El valor nutricional dels insectes és àmpliament variable. No només per la gran quantitat d'espècies que existeixen, sinó per la fase de la metamorfosis (procés biològic per el qual alguns insectes arriben a l'etapa "adulta") en la que es trobin. Per altra banda, igual que qualsevol altre aliment, les seves característiques també variaran en funció dels procediments de preparació i processat que se li apliquen (congelació, dessecat, fregit, etc.).^[18]

Per tots aquests motius, les dades existents actualment sobre el valor nutricional dels insectes són encara incomplettes, però en termes genèrics es pot afirmar que els insectes són rics en proteïna, lípids i fibra en aquest mateix ordre; i molt variables en micronutrients, tot i que en algunes espècies destaquen minerals com el ferro o el magnesi, i vitamines com la B12.

Carbohidrats

El contingut de carbohidrats dels insectes en general és baix, habitualment entre un 1 i un 10%. No obstant, les ordres Dípters i Lepidòpters destaquen en aquest nutrient, amb un contingut d'un 12'0% i un 8,2% de mitjana. A més, alguns estudis han trobat quantitats significatives de polisacàrids que podrien millorar la funció del sistema immunitari, com en el cas dels presents en *Bombyx mori* o cucs de seda, que han demostrat augmentar la fagocitosi dels macròfags i la transformació de limfòcits i anticossos.^[31,32]

En el cas dels insectes comercialitzats a Europa, trobem que les espècies més riques en carbohidrats són algunes espècies de grill com "*Brachytrupes*", mentre que altres àmpliament utilitzades com els "*Tenebrio Molitor*" són molt pobres en aquest nutrient, quedant el seu contingut per sota del 4%.^[33]

Proteïnes

La proteïna és el nutrient principal en la composició dels insectes, malgrat el contingut de proteïna és àmpliament variable segons el tipus d'espècies estudiades. Alguns estudis han observat continguts de proteïna que varien des de només un 13%, fins a un 77%, destacant espècies de *Himenòpters* i de *Hemípters* (Figura 5).^[31,34] Altres estudis, han observat fins un 81% de contingut de proteïna en altres espècies.^[35] S'ha de tenir en compte que dins un mateix grup d'insectes, per exemple, l'orde Coleoptera (escarabats i larves) hi ha variacions des d'un contingut de 8,85% de proteïna a 71,10%, i s'assumeix que aquesta variació depèn no només de l'espècie sinó de l'alimentació que ha rebut i del lloc d'origen. A diferència del contingut energètic, en algunes espècies el contingut proteic no varia de forma tant significativa en funció de l'etapa del cicle vital de l'insecte (veure Figura 6).

Ordre	Estat metamòrfic	Contingut de proteïna (% en matèria seca)
Coleòpters	Adults i larves	23,0-66,0
Lepidòpters	Pupa i larves	14,0-68,0
Hemípters	Adults i larves	42,0-74,0
Homòpters	Adults, larves i ous	45,0-57,0
Himenhòpters	Adults, pupes, larves i ous	13,0-77,0
Odonats	Adults i nimfes	46,0-65,0
Ortòpters	Adults i nimfes	23,0-65,0

Figura 5. Contingut de proteïna en diverses espècies d'insectes. Elaboració pròpia a partir de les dades de Xiaoming et al.

<i>Zonocerus variegatus</i>	
Fase metamòrfica de l'insecte	Grams de proteïna per 100g de pes
Primera	18,3
Segona	14,4
Tercera	16,8
Quarta	15,5
Cinquena	14,6
Sisena	16,1
Adult	21,4

Figura 6. Contingut de proteïna en llagostes segons l'etapa metamòrfica. Elaboració pròpia a partir de les dades de Ademolu, Idowu and Olatunde, 2010

Per altra banda, la digestibilitat d'aquestes proteïnes varia entre el 76 i el 96%^[36], lleument inferior a la proteïna de l'ou (95%) o la de la carn de porc (98%), i superior a la majoria de proteïnes vegetals.^[37]

Respecte la composició d'aminoàcids de la proteïna d'insectes, la majoria contenen un nombre nutricionalment valuós d'aquests, destacant la fenilalanina, la tirosina, i en alguns casos lisina, triptòfan i tirosina.^[18,35] Un anàlisi fet en cent espècies d'insectes comestibles, mostra que el contingut d'aminoàcids essencials representava entre el 46 i el 96% de la quantitat total d'aminoàcids.^[31] Per exemple, en el cas del *Tenebrio Molitor*, una de les espècies més consumides al món, es poden destacar la lisina i la leucina com dos dels aminoàcids essencials més abundants, essent aquesta última de major contingut que en la carn bovina; mentre que l'àcid glutàmic destaca com el més abundant dels no essencials.^[37]

En el cas de *Acheta Domesticus* o "grill comú", un altre dels insectes més comercialitzats a Europa, un estudi dut a terme amb rates, va avaluar-ne la qualitat de la proteïna i va determinar que era equivalent o superior a la proteïna de soja en quant a font d'aminoàcids.^[38]

Lípids

Els lípids són el conformen el segon nutrient més abundant dels insectes.^[33] Les espècies estudiades fins al moment, contenen entre un 10 i un 60% del seu pes en lípids; essent molt més elevat aquest contingut en les fases larvals que en les adultes.^[31] Un dels grups que destaca pel seu contingut en lípids, són les orugues, que contenen entre 8,6 i 15,2g per cada 100g de lípids.^[39]

Els lípids estan presents de diferents formes segons l'estat metamòrfic de cada espècie, però en general, els més abundants són els triacilglicerols, seguits dels fosfolípids. A

mes, també hi són presents els àcids oleics i linoleics, i el col·lesterol; suposant aquest últim una mitjana d'un 3,6% del total dels lípids.^[40] Els factors més rellevants de la composició són: l'espècie d'insecte, l'estat metamòrfic, i l'alimentació que ha rebut l'insecte.

Valor energètic

El valor energètic depèn de cada espècie i, especialment, del seu contingut en grasses. En la majoria de casos, els estats larvals són més rics en calories que l'etapa adulta de l'insecte,^[35] en canvi, els estats adults acostumen a contenir més valor proteic. Un estudi va estimar de mitjana, depenent de l'espècie i l'estadi metamòrfic, entre 293 i 762Kcal per cada 100g d'aliment (veure Figura 7).

Exemples de contingut energètic en diverses espècies, per regions		
Localització	Nom científic	Contingut energètic (kcal/100g en pes fresc)
Austràlia	<i>Chortoicetes terminifera</i>	499
Austràlia	<i>Oecophylla smaragdina</i>	1272
Canada	<i>Melanoplus femurrubrum</i>	160
USA	<i>Tenebrio molitor, larva</i>	206
USA	<i>Tenebrio molitor, adult</i>	138
Costa d'Ivori	<i>Macrotermes subhyalinus</i>	535
Mèxic	<i>Atta mexicana</i>	404
Mèxic	<i>Myrmecocystus melliger</i>	116
Tailàndia	<i>Gryllus bimaculatus</i>	120
Tailàndia	<i>Lethocerus indicus</i>	165
Tailàndia	<i>Oxya japonica</i>	149
Tailàndia	<i>Cyrtacanthacris tatarica</i>	89
Tailàndia	<i>Bombyx mori</i>	94
Holanda	<i>Locusta migratoria</i>	179

Figura 7. Contingut energètic de diverses espècies d'insectes. Elaboració pròpia a partir de dades de la FAO

Fibra

Els insectes tenen quantitats significatives de fibra degut a la quitina present en el seu exosquelet.^[18] Es tracta d'una fibra insoluble de la qual es poden trobar entre 2,7 i 49,7mg per Kg de l'insecte (entre 1,6 i 137,2mg per kg en l'aliment dessecat), o, en percentatges, entre un 5 i un 15%.^[31, 41] Malgrat l'enzim *quitinasa* es troba present en els sucus gàstrics humans, es creu que aquesta és inactiva en les persones de la cultura occidental.^[42]

La quitina actua en el cos humà de forma similar a la cel·lulosa; i alguns estudis es refereixen a ella com a “fibra animal”.^[43]

Alguns estudis suggereixen també, que extreure la quitina de l'aliment, ajuda a millorar la digestibilitat de les proteïnes,^[39] però s'hauria de comprovar si això resulta beneficiós, ja que altres estudis apunten que la quitina podria ser beneficiosa per estimular el sistema immunitari i per combatre infeccions parasitàries.^[37,44]

Minerals i vitamines

Malgrat hi ha diferències significatives en les dades de diversos estudis^[33,45], s'han observat percentatges elevats de micronutrients com coure, ferro, magnesi, manganès, fòsfor, seleni, zinc, riboflavina (B2), àcid pantotènic (B5), biotina i en alguns casos, àcid fòlic. No obstant, la diferències en la composició d'insectes de vitamines i minerals són tant grans, que és difícil establir-ne valors mitjans.

Per altra banda, a nivell genèric, la majoria d'insectes es consideren pobres en vitamina A, vitamina C, i tiamina (B1). En el cas del calci, excepte en el cas de la larva de *Musca domèstica*, no compleixen els requisits de les necessitats humanes d'aquest mineral, i en cas del potassi no hi ha cap espècie que les cobreixi. També es considera que la majoria d'insectes són baixos en sodi. Pel què fa al fòsfor, hi ha un nombre elevat d'espècies riques en aquest mineral, i en el cas del magnesi algunes espècies comunes en la comercialització europea com grills o saltamartins també són especialment rics en aquest mineral.^[33]

En el cas del ferro, les necessitats humanes depenen de les condicions fisiològiques de la persona, com l'edat, el sexe, condicions d'embaràs o lactància, etc. i de la seva biodisponibilitat. Actualment no hi ha estudis suficients que descriguin la biodisponibilitat del ferro dels insectes, i assumint-ne una necessitat de 58,5mg/dia (el màxim requeriment de les necessitats humanes), només 10 de 82 espècies en contenen suficient.^[33]

En les espècies de comercialització europea de cucs de la farina *T. Molitor* i de grills *Acheta domesticus* s'han observat quantitats significatives de vitamina B12: 0.47 µg per 100 g i 5.4 µg per 100 g respectivament^[43], i en altres espècies, s'han trobat també quantitats significatives de vitamina E i de beta carotens.^[46,47]

4.3 Seguretat alimentària

Els artròpodes i insectes en general poden arribar a produir malalties a través de diversos mecanismes. En primer lloc, poden produir malalties per acció directe del propi artròpode, com en el cas de la sarna (produïda per *Sarcoptes scabiei*), la tungosi (*Tunga penetrans*) o la pediculosi (*Pediculus capitis* i *Pediculus corporis*). A més, poden inocular verins o toxines, com en el cas dels escorpins o aranyes, o amb els fiblons d'algunes espècies; i com qualsevol altre aliment algun dels seus components pot produir al·lèrgies. Per últim, els insectes també poden funcionar com a vectors mecànics o biològics de malalties.^[48] Aquests factors però, es veuen reduïts enormement quan en lloc de ser extret de la natura, l'insecte ha estat criat amb les condicions higièniques adequades i processat correctament pel seu consum.^[48]

Malgrat la FAO recalca que no es coneixen casos de transmissió de malalties o paràsits a humans derivats del consum d'insectes sempre i quan hagin estat manipulats en les mateixes condicions d'higiene que qualsevol altre aliment,^[7] actualment manca encara recerca sobre la seguretat del consum d'insectes i les activitats de processament més adequades per a la seva higiene alimentària. L'autoritat europea sobre la seguretat alimentària (EFSA per les seves sigles en anglès) va publicar un informe el 2015^[49] en el qual alertava que faltaven estudis sobre el contingut de bacteries i prions dels insectes, la possibilitat d'aquests d'actuar com a vector de transmissió de malalties que puguin afectar la seguretat humana, i les al·lèrgies que poden generar. En el cas dels paràsits, els únics casos de risc descrits han estat en insectes consumits en algunes parts d'Àsia, i obtinguts directament del medi ambient.^[49]

Al seu torn, l'Agència Espanyola de Consum, Seguretat Alimentària i Nutrició (AECOSAN) va publicar un informe propi l'any 2018 amb unes conclusions similars:^[50]

- Les condicions higièniques durant la cria i producció dels insectes tenen un notable efecte en el risc de presència i proliferació de microorganismes patògens, la presència d'alguns dels quals ha estat demostrada regularment. Són especialment rellevants algunes "espècies esporulades", capaces de resistir tractaments de processat.
- Els efectes del processat d'insectes sobre les al·lèrgies no són previsibles.
- El processat aplicat als insectes destinats al consum humà té una gran influència en la seva qualitat i seguretat microbiològica. Segons el tipus de processat, és recomanable el tractament tèrmic abans del consum.

Per altra banda, una revisió recent del 2020 descriu bioacumulacions de plom en la mosca soldat (*Hermetia illucens*), d'arsènic en els cucs de la farina (*Tenebrio Molitor*), i adverteix que cal tenir en compte els possibles contaminants químics i biològics, però determina que per als humans no sembla haver-hi mes perills en consumir insectes que en consumir altres animals. Com a mètode mes segur per a l'eliminació de patògens, recomana l'ús de tècniques tèrmiques de calor com podrien ser la uperització, autoclau, forns d'aire calent, etc.).^[51]

La plataforma internacional d'insectes per a l'alimentació (IPIFF per les seves sigles en anglès) recomana establir uns estàndards comuns com a recomanació o requisit per a tots els productors d'insectes per al consum humà, i que cobreixi almenys les prevenció de la listèria, la salmonel·la, i les enterobactèries. Així mateix, anima la Unió Europea a legislar sobre la seva producció i importació.^[52]

4.3 Entomofàgia i malnutrició

Malgrat el terme malnutrició engloba tot tipus de desequilibris nutricionals com el sobrepès i l'obesitat, aquesta recerca es centrarà en aquells aspectes relacionats amb la desnutrició, que pot ser aguda o crònica.

Actualment 462 milions de persones pateixen insuficiència ponderal. 52 milions de nens menors de 5 anys presenten emaciació, 17 presenten emaciació greu, 155 milions pateixen retard del creixement i el 45% de les morts en aquesta franja d'edat té a veure amb la desnutrició.^[53] A Àsia es troben dues terceres parts de la població mundial que pateix desnutrició, però Àfrica és la que té major prevalença.^[54]

Davant l'actual descens i degradació dels recursos naturals disponibles com la terra cultivable i l'aigua potable, es preveu que aquestes dades puguin augmentar en els propers anys quan, paral·lelament, es vagi produint un creixement demogràfic de la població (veure apartat 4.2). Així doncs, el consum d'insectes, per la seva alta taxa de conversió aliment – proteïna d'insecte, així com per la seva fecunditat, i la manca de terra i aigua que requereix la seva cria, es presenta com una possible solució efectiva per a prevenir i/o tractar el problema de la desnutrició.^[54]

Per alguns països amb pocs recursos naturals i econòmics, la entomofàgia pot suposar una diversificació dels mitjans de vida, ja sigui mitjançant la recol·lecció d'insectes o la seva cria, molt mes factible a nivell d'inversió econòmica que no pas l'obtenció

d'altres tipus de proteïna d'origen animal. Alhora, aquestes activitats poden comportar una millora directe de la dieta i aportar ingressos derivats de la venda dels excessos de producció. A més, aquests insectes poden processar-se per al consum animal i humà de manera relativament senzilla.^[7] Per altra banda, l'escassetat d'aigua també es preveu com un potencial problema en el futur. Segons dades del World Resources Institute (WRI), més de 1.000 milions de persones viuen actualment en regions amb escassetat d'aigua, i es preveu que fins a 3.500 persones en podrien patir el 2025.^[55] Les conseqüències de la manca d'aigua potable són l'augment de malalties, la fam derivada dels problemes de l'agricultura i la ramaderia, la desaparició d'espècies vegetals, i els conflictes humans pels recursos.

En aquest sentit, la incorporació d'insectes a la dieta pot ser una forma d'obtenir proteïna que contingui tots els aminoàcids essencials degut a la poca quantitat d'aigua que requereix la seva criança (veure apartats 4.2 i 4.3). A més, pel seu elevat contingut de proteïnes, els insectes poden ser adequats per a prevenir la síndrome de Kwashiorkor, un tipus de desnutrició causat per la manca d'ingesta de proteïnes i present en molts països de l'Àfrica i Àsia, i per ajudar a combatre la malnutrició en moltes de les seves àrees rurals.^[56]

La organització no governamental *Acción Contra el Hambre* va dur a terme un estudi a República Centreafricana per investigar com l'entomofàgia podia ajudar al país a abordar les altes taxes de desnutrició crònica, que afecta a més del 40% dels infants menors de 5 anys del país. En les seves conclusions va destacar que els insectes no només suposen una font nutricional més resistent al canvi climàtic que altres aliments, sinó que afavorir la entomofàgia podria reduir la inseguretat alimentària i crear nous llocs de treball.^[57] Segons Amador Gómez, director del sector de investigació, desenvolupament i innovació d'aquesta mateixa entitat "Millorar l'accés i el consum d'insectes podria desenvolupar un paper protagonista en la lluita contra la fam al món. Són capaços de suportar els intensos canvis climatològics que estem presenciant i proporcionen més calories, proteïnes i nutrients que molts aliments bàsics tradicionals." També coincideix, que un dels majors reptes és desenvolupar mètodes que garanteixin la proporció d'insectes al llarg de tot l'any ja que en moltes zones la seva disponibilitat és dependent de l'estacionalitat.

En el cas que l'obtenció dels insectes sigui directament de la seva recol·lecció a la natura, la FAO recomana desenvolupar mètodes per a controlar els nivells de recol·lecció i que així les poblacions d'insectes no es vegin amenaçades. De la mateixa manera, seria convenient desenvolupar formes de garantir un subministre continuat

d'insectes, ja que la seva disponibilitat pot variar molt en funció de l'estacionalitat en algunes zones. En cas que es dugui a terme la cria d'espècies no autòctones, és molt important que no s'alliberin aquestes espècies, ja que podrien resultar endèmiques per a l'ecosistema i acabar perjudicant altres fonts d'aliment.^[7]

Un altre aspecte important de la introducció d'insectes a la dieta per a combatre la malnutrició és l'acceptabilitat d'aquests. Tot i que hi ha moltes cultures que consumeixen insectes, altres cultures on també hi és present la desnutrició no ho fan. En aquests casos, el factor de rebuig a un nou aliment, sigui per la sensació de "fastig" o de desconeixement de l'aliment, pot suposar un problema per a la seva incorporació a la dieta. En aquests casos, una possible solució és oferir un format visualment més acceptable de l'aliment, per exemple, els insectes molts en forma de farina, de pasta o com a ingredients de plats.^[53] Pel que fa al sabor, un equip de Nordic Food Lab, entitat danesa dedicada a la investigació alimentària, va recórrer diverses parts del món observant receptes amb diverses espècies d'insectes i tastant-les, i van observar que la varietat de sabors en els insectes és molt gran. No es pot definir el sabor de "insectes", ja que cada espècie té un sabor únic. Es van comparar amb fruits secs, pollastre, llavors, formatge, caviar, etc.^[58] En aquest sentit, la varietat de sabors també és un avantatge a l'hora de millorar l'acceptabilitat de l'aliment.

Per a millorar l'acceptabilitat, un estudi va dissenyar un producte mixta entre farina d'arròs (una dels aliments més comuns en els països en vies de desenvolupament) i molturat d'insectes amb base de grills mitjançant la tècnica d'extrusió, utilitzada també per a processar cereals, pasta, salsitxes, formatges i altres productes.

Els grills són comuns a molts països. Alguns, com Tailàndia, Laos o Cambodja compten amb més de 20.000 criadors d'insectes, i l'agregació de 100g d'aquest insecte en una farina d'arròs comporta un augment de 125kcal, 15g de proteïna, 6,3g de lípids, 41 mg de ferro i 75mg de calci, enriquint de manera considerable un producte disponible a la majoria de països i que aporta quasi la meitat de la ingesta energètica de la població en molts d'aquests. A més, si s'utilitzés farina de llagostes en comptes de la de grills, l'enriquiment seria encara major. Aquest enriquiment no obstant, modifica les propietats organolèptiques del producte, com la seva textura, fet que pot afectar l'acceptabilitat final del producte.^[54]

Un recent estudi publicat el 2020 i dut a terme en ratolins per a la recuperació de malnutrició proteica determina que una dieta basada en grills és una forma adequada de dur-la a terme, ja que conté una quantitat suficient d'aminoàcids i és efectiva en l'augment de pes. A més, al comparar aquesta dieta amb dues altres basades en els

cacauets i en la llet, es determina que en la dieta basada en grills s'observen nivells menors de triglicèrids, fet que es considera com a positiu ja que els triglicèrids són un factor de risc per a patologies vasculares i actualment no existeix la recomanació d'uns nivells mínims. L'estudi conclou que pels bons resultats en l'augment de pes després d'un dèficit perllongat d'ingesta de proteïna i els paràmetres analítics, els insectes, i en especial els grills, poden ser una eina eficaç per a combatre aquest tipus de malnutrició.^[59]

5. Discussió

Els resultats obtinguts en la recerca al voltant de la sostenibilitat i medi ambient mostren una evidència científica rellevant sobre varis avantatges de l'entomofagia en aquest aspecte, destacant el factor de conversió alimentari, la menor emissió de gasos amb efecte hivernacle, la facilitat de l'alimentació dels insectes, el menor consum d'aigua i la menor contaminació de la terra pels residus generats. El conjunt de tots aquests factors va en acord amb els objectius de l'IPCC sobre millores relacionades en la producció en l'agricultura i ramaderia: reducció d'emissions de metà i òxid nitrós, reduir la desforestació i degradació dels boscos i reduir la intensitat de les emissions.

Cal tenir en compte no només els avantatges de la cria d'insectes com a tal, sinó també aquells que es derivarien del menor increment de les granges d'explotació intensiva de bestiar convencional, com per exemple la recuperació de subsols contaminats o la reducció de la desforestació per a cultius destinats a l'alimentació de bestiar.

No obstant, malgrat l'emissió de gasos amb efecte hivernacle és menor, és cert que la cria d'insectes requereix una despesa energètica similar a la de la resta de bestiar. Calen doncs, mes estudis sobre dissenys i mesures per optimitzar aquesta despesa energètica en les granges d'insectes. En aquest sentit, el creixement del mercat dels insectes comestibles probablement ajudaria a l'optimització i l'augment de la productivitat de les granges d'insectes; tal i com ha ocorregut amb les granges de bestiar convencional al llarg dels últims anys.

En l'aspecte nutricional, s'ha trobat evidència que, en general, la majoria d'insectes són rics en proteïna, greixos i fibra en aquest mateix ordre, i molt variables en el contingut de micronutrients segons l'espècie. Això els converteix en un aliment nutricionalment interessant i equilibrat, però no cal oblidar que existeixen mes de 2000 espècies

identificades d'insectes comestibles, i que per tant, la recerca en profunditat sobre les seves diferències en la composició nutricional, dista molt de ser completa.

Un altre aspecte que aquesta recerca no contempla és l'acceptabilitat de l'aliment per part de la població en països on no es consumeix de forma tradicional. Cal ser conscient que aquest factor pot ser un *handicap* en la introducció de l'aliment, i que probablement caldrà buscar fórmules per a popularitzar el producte. És necessari posar èmfasi en els avantatges mediambientals de la seva cria i consum, ja que la crisi climàtica serà probablement l'eix central de tota activitat econòmica i productiva en un futur.

En l'aspecte de la seguretat alimentària, la producció d'insectes té certes barreres a Europa, on encara no existeix un reglament comú que legisli la seva producció per al consum humà, ni uns estàndards de comerç per la seva importació i exportació. Això probablement està suposant un fre per al desenvolupament d'un mercat que inclogui els insectes dins l'alimentació i que podria generar llocs de treball així com un augment de la recerca en aquest camp.

En la recerca s'ha observat també que en el marc de la crisi alimentària global amb alts índexs de desnutrició, i que probablement es veurà agreujada en les properes dècades pel solapament amb la crisi climàtica, la composició nutricional dels insectes així com les característiques de la seva cria, que els fan més resistents als canvis climatològics que no pas el bestiar tradicional, poden suposar una ajuda per a millorar els índexs de malnutrició de molts països, especialment d'Àsia i d'Àfrica. Els estudis realitzats fins al moment mostren que es poden obtenir productes amb altes aportacions nutricionals de qualitat barrejant farina d'insectes amb productes molt acceptats a la majoria de països com les farines d'arròs.

En el mateix marc d'aquesta crisi alimentària i climàtica, el 2015 Nacions Unides va establir una agenda de desenvolupament sostenible amb 17 objectius principals; varis dels quals es poden relacionar amb característiques descrites en aquesta recerca bibliogràfica:

- Objectiu 1. Fi de la pobresa: el desenvolupament d'un mercat d'insectes comestibles pot ajudar a generar nous llocs de treball, especialment en països poc desenvolupats. La cria d'insectes no requereix de grans coneixements tècnics, i pot ser un lloc de treball per a persones que pertanyen a col·lectius vulnerables. Cal vetllar per la divulgació del coneixement sobre la cria d'insectes i evitar que grans empreses alimentàries en monopolitzin el mercat.

- Objectiu 2. Fam zero: el perfil nutricional de moltes espècies d'insectes les fan adequades per ajudar a combatre la malnutrició en països subdesenvolupats i les converteixen en una font de proteïnes d'alt valor biològic accessible a economies mes precàries. La instauració i/o potenciació de la cria d'insectes en diversos països podria millorar-ne la seguretat alimentària.

- Objectiu 3. Salut i benestar: Seria interessant que la incorporació del insectes al mercat alimentària sigui com a producte orgànic i assegurant-ne sempre una correcte higiene alimentària, però evitar-ne la incorporació a productes ultra processats malsans. També seria interessant potenciar la investigació d'altres possibles propietats terapèutiques de les diverses espècies d'insectes.

- Objectiu 6. Aigua neta i sanejament: en previsió de la manca d'aigua potable que pot existir en un futur proper, la cria d'insectes pot resultar una forma eficaç d'obtenció de proteïna amb un consum d'aigua molt menor que el bestiar convencional.

- Objectiu 8. Treball decent i creixement econòmic: Les possibilitats laborals en el mercat dels insectes comestibles poden ser múltiples: granges d'insectes, punts de venda, gastronomia, enginyeria per optimitzar processos... En països subdesenvolupats pot convertir-se en un mitjà de subsistència per algunes famílies.

- Objectiu 13 i 15. Acció per al clima i Vida d'ecosistemes terrestres: El fet de ser una font de proteïna d'alt valor biològic que genera menys desforestació i menys quantitat de gasos d'efecte hivernacle, fa de l'entomofàgia una pràctica mes respectuosa amb el medi ambient.

6. Aplicabilitat i noves línies de recerca

La potencialitat del consum d'insectes és probablement molt àmplia. En una societat que amb tota probabilitat premiarà i valorarà cada vegada mes les pràctiques sostenibles i respectuoses amb el medi ambient, l'entomofàgia suposa una oportunitat mes en el camp de l'alimentació.

Un camp important d'investigació que condicionaria el desenvolupament de l'entomofàgia a la nostra societat, és l'acceptació del nou aliment. En aquest sentit, seria interessant realitzar estudis amplis sobre la predisposició de la població a consumir aquest producte dividint-la per edat i per sexe, o també en funció dels seus orígens culturals. D'aquesta manera, es podria detectar de forma mes acurada el possible *target*

o pacient interessat en l'aliment. Per exemple, en aquest cas, és possible (hipòtesis) que el grup de població més jove tingui més predisposició a tastar aliments nous que no pas la població més envellida que té uns hàbits alimentaris i uns grups d'aliments preferents. De la mateixa manera, es podria detectar també quins perfil de població tenen més aversió o rebuig al consum d'insectes, i si hi ha diferències significatives en funció de la localització geogràfica de la població o del seu origen cultural.

La metodologia de la investigació podria ser diversa, mitjançant enquestes o tasts de diverses espècies. Com més informació de qualitat s'obtingui, millor es podrà perfilar l'estratègia per a millorar l'acceptació del nou aliment. Idealment, la mostra hauria de ser el més diversa possible, contenint grups d'edat diversos i ambdós sexes, i contemplant altres factors com origen cultural, creences, etc.

La quantitat d'incògnites que obre un potencial mercat d'insectes comestibles és molt gran, i la detecció del potencial consumidor és només una d'elles. És necessària molta recerca en una gran quantitat d'aspectes, els quals podrien incloure:

- Optimització en el disseny de les granges per aconseguir major productivitat amb menor consum energètic. És probable que mitjançant l'enginyeria de materials o estructures es pugui obtenir una major retenció de la temperatura i humitat que necessiten la majoria d'espècies d'insectes per a desenvolupar-se.
- Investigació sobre les millors condicions d'alimentació i entorn en funció de cada espècie d'insecte. Cal trobar uns estàndards per a cada espècie sobre quines són les millors condicions per al seu creixement. Aquestes podrien ser diferents també en funció de la fase metamòrfica de l'insecte.
- Processaments. És necessària més recerca sobre les tècniques de processament més adequades per a cada espècie d'insecte i de cada fase metamòrfica que es vulgui destinar al consum, per tal de mantenir-ne les característiques nutricionals i les característiques organolèptiques (o alterar-les segons conveniència).
- Entomofagia en la gastronomia. El consum d'insectes pot obrir moltes possibilitats en el l'àmbit gastronòmic: noves receptes, combinacions de sabors, cuina experimental, restauració dedicada a l'entomofagia...
- Perfil nutricional detallat de més espècies d'insectes. Malgrat cada vegada es disposa de més informació sobre el contingut nutricional de diverses espècies d'insectes, encara manca molta informació sobre perfil de micronutrients o d'aminoàcids en moltes espècies.

- Propietats terapèutiques o principis actius de components dels insectes. Alguns autors suggereixen que alguns insectes poden tenir propietats antimicrobianes, prebiòtiques i antioxidants degut a alguns dels seus elements com per exemple la quitina.

- Aprofitament de la part no comestible dels insectes. Cal més investigació en aquest camp, ja que alguns investigadors bioquímics han generat productes a partir d'insectes, com pesticides o envasos biodegradables a partir del seu exoesquelet.

Així doncs, trobem que encara és necessària molta recerca sobre els insectes comestibles, i és possible que aquesta augmenti en els propers anys a mesura que es creïn més projectes relacionats amb l'entomofagia en països amb capacitat d'investigació.

7. Conclusions

El ràpid creixement demogràfic està comportant un augment important de la demanda de proteïna animal al món. Amb els mitjans de producció actuals, els nivells de contaminació, desforestació i consum d'aigua per part del bestiar són insostenibles i agreugen l'actual crisi climàtica.

En aquest sentit, la producció d'insectes comestibles presenta múltiples beneficis mediambientals demostrats en comparació a altres tipus de bestiar tradicional, i per tant, es presenta com una alternativa més sostenible al consum humà de proteïna animal. Aquesta proteïna es pot considerar d'alt valor biològic per la quantitat d'aminoàcids essencial que conté, i que, alhora, presenta una bona digestibilitat. A més, la composició nutricional de la majoria d'espècies estudiades d'insectes els converteix en un producte equilibrat, destacant el seu contingut en proteïna, lípids (principalment insaturats) i fibra. Aquestes característiques poden variar en funció de la fase metamòrfica en què es troba l'insecte i les condicions en què es cria.

L'alt índex de reproducció dels insectes juntament amb la relativa facilitat de la seva cria i el seu elevat índex de conversió alimentària converteixen la pràctica de l'entomofagia en una opció sostenible de consum de proteïna animal capaç de cobrir les necessitats humanes. En el cas dels països subdesenvolupats, l'entomofagia pot ajudar a combatre els nivells de desnutrició i al desenvolupament del país, essent un possible mitjà de subsistència per a famílies i millorant l'economia, i en aquest sentit una opció interessant que caldria estudiar més a fons és utilitzar els insectes com a ingredient per enriquir farines amb base de cereals. Uns preus i costos de producció més baixos podrien millorar també la seguretat alimentària.

Per altra banda, en el cas de països desenvolupats, com països de la Unió Europea, l'entomofagia pot generar noves oportunitats econòmiques i ajudar a desenvolupar una economia i uns hàbits alimentaris més respectuosos amb el medi ambient. Malgrat es resta a l'espera de la legislació de la producció i comercialització d'insectes a Europa, el seu consum ha demostrat ser segur sempre i quant la manipulació i tractament hagi estat amb les condicions higièniques adequades. Cal mencionar que en els darrers dies de finalitzar aquesta recerca bibliogràfica, la EFSA ja ha avalat el consum de la primera espècie d'insecte a Europa: el cuc de la farina o *Tenebrio Molitor*, declarant-lo com a producte segur per al consum humà. Aquest probablement, sigui un precedent de la posterior aprovació del comerç i consum de diferents espècies d'insectes a mesura que se'n vagi demostrant suficientment segur el seu consum.

No obstant, l'acceptació del nou producte en països on no es consumeixen insectes de forma tradicional pot suposar un fre a la instauració d'aquesta pràctica. L'entomofagia és una pràctica novedosa a Europa, i en aquest sentit, és necessària encara molta investigació sobre quina és la millor forma en què pot ser acceptada en les diferents cultures, i quines poden ser les millors condicions de cria per a cada espècie d'insecte.

8. Bibliografía

1. ¿Cómo afecta el consumo de carne al cambio climático? - ES | Greenpeace España [Internet]. [citad 30 octubre 2020]. Disponible a: <https://es.greenpeace.org/es/noticias/como-afecta-el-consumo-de-carne-al-cambio-climatico/>
2. ¿Qué tiene que ver reducir el consumo de carne con el medio ambiente? - Amigos de la Tierra [Internet]. [citad 30 octubre 2020]. Disponible a: <https://www.tierra.org/que-tiene-que-ver-reducir-el-consumo-de-carne-con-el-medio-ambiente/>
3. Cambio climático: por qué el consumo de carne y lácteos tiene tanto impacto - BBC News Mundo [Internet]. [citad 30 octubre 2020]. Disponible a: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-49279749>
4. Masson-Delmotte V, Zhai P, Pörtner H-O, Roberts D, Skea J, Calvo E, et al. El cambio climático y la tierra Resumen para responsables de políticas Editado por [Internet]. 2020 [citad 30 octubre 2020]. Disponible a: www.ipcc.ch
5. La fórmula de l'ONU per a combatre l'emergència climàtica: Reduir el consum de carn [Internet]. [citad 30 octubre 2020]. Disponible a: <https://plataformazeo.com/formula-onu-emergencia-climatica-reducir-carn/>
6. ¿Qué contiene la carne? Propiedades nutricionales [Internet]. [citad 30 octubre 2020]. Disponible a: <https://www.efesalud.com/propiedades-nutricionales-carne/>
7. Fao. La contribución de Los insectos a La seguridad aLimentaria, Los medios de vida y eL medio ambiente 1 ¿Qué es La entomofagia? [Internet]. [citad 30 octubre 2020]. Disponible a: www.fao.org/forestry/edibleinsects/en/
8. Insects As Food & Feed – General Information – IPIFF [Internet]. [citad 12 diciembre 2020]. Disponible a: <https://ipiff.org/general-information/>
9. Las leyes abren el mercado de piensos con insectos para animales [Internet]. [citad 1 noviembre 2020]. Disponible a: <https://www.animalshealth.es/empresas/las-leyes-abren-el-mercado-de-piensos-animales-con-insectos>
10. Los insectos, el alimento del futuro para la ganadería cordobesa [Internet]. [citad 1 noviembre 2020]. Disponible a: https://sevilla.abc.es/andalucia/cordoba/sevi-insectos-alimento-futuro-para-ganaderia-cordobesa-201908112221_noticia.html
11. Nace el “insecto de granja” para alimentación animal - nutriNews, la revista de nutrición animal [Internet]. [citad 1 noviembre 2020]. Disponible a: <https://nutricionanimal.info/nace-insecto-granja-alimentacion-animal/>

12. MINISTERIO DE SANIDAD AGENCIA ESPAÑOLA DE SEGURIDAD ALIMENTARIA Y NUTRICIÓN [Internet]. [citad 6 novembre 2020]. Disponible a: https://ec.europa.eu/food/safety/novel_food/authorisations/summary-applications-and-notifications_en
13. Consultoría para la Creación de Granjas de Insectos [Internet]. [citad 6 novembre 2020]. Disponible a: <https://www.proteinsecta.es/>
14. Empresa biotecnológica de cría y venta de insectos - IBERINSECT [Internet]. [citad 6 novembre 2020]. Disponible a: <https://iberinsect.com/>
15. Comprar pasta con harina de insectos [Internet]. [citad 6 novembre 2020]. Disponible a: <https://www.exoticfood.es/c321278-pastas-granola.html>
16. Insects for food and feed [Internet]. [citad 6 novembre 2020]. Disponible a: <http://www.fao.org/edible-insects/stakeholder-directory/en/>
17. V. M. Holt Why not eat insects? 1885 [British Museum (NH), Londres]
18. Fao. Edible Insects - Future prospects for food and feed security. En.
19. Worldwide list of recorded edible insects (Jongema, 2017)
20. Población | Naciones Unidas [Internet]. [citad 3 desembre 2020]. Disponible a: <https://www.un.org/es/sections/issues-depth/population/index.html>
21. Tilman D, Cassman KG, Matson PA, Naylor R, Polasky S. Agricultural sustainability and intensive production practices [Internet]. Vol. 418, Nature. Nature; 2002 [citad 3 desembre 2020]. p. 671-7. Disponible a: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12167873/>
22. Thorne PS. Environmental health impacts of concentrated animal feeding operations: Anticipating hazards - Searching for solutions. En: Environmental Health Perspectives. 2007. p. 296-7.
23. Thornton PK, Herrero M. The Inter-Linkages Between Rapid Growth In Livestock Production, Climate Change, And The Impacts On Water Resources, Land Use, And Deforestation [Internet]. The World Bank; 2010 [citad 3 desembre 2020]. (Policy Research Working Papers). Disponible a: <http://elibrary.worldbank.org/doi/book/10.1596/1813-9450-5178>
24. van Huis A. Potential of Insects as Food and Feed in Assuring Food Security. Annu Rev Entomol [Internet]. 7 gener 2013 [citad 3 desembre 2020];58(1):563-83. Disponible a: <http://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev-ento-120811-153704>

25. Lecture BO, Van Huis A. Conference on «The future of animal products in the human diet: health and environmental concerns» Edible insects are the future? 2016 [citat 3 desembre 2020]; Disponible a: <https://doi.org/10.1017/S0029665116000069>
26. Miglietta P, De Leo F, Ruberti M, Massari S. Mealworms for Food: A Water Footprint Perspective. *Water* [Internet]. 6 novembre 2015 [citat 3 desembre 2020];7(11):6190-203. Disponible a: <http://www.mdpi.com/2073-4441/7/11/6190>
27. Halloran A, Roos N, Eilenberg J, Cerutti A, Bruun S. Life cycle assessment of edible insects for food protein: A review. *Agron Sustain Dev* [Internet]. 1 desembre 2016 [citat 3 desembre 2020];36(4):1-13. Disponible a: www.foodinsectsnewsletter.org
28. Granja vertical de insectos - Avatar Energía, blog de Energías Renovables [Internet]. [citat 3 desembre 2020]. Disponible a: <https://avatarenergia.com/granja-vertical-de-insectos/>
29. Ramírez MÁ, Rodríguez AT, Alfonso L, Peniche C. La quitina y sus derivados, biopolímeros con potencialidades de aplicación agrícola. Vol. 27, *Biotecnología Aplicada*. 2010.
30. European Commission. Final Report Summary - N-CHITOPACK (Sustainable technologies for the production of biodegradable materials based on natural chitin-nanofibrils derived by waste of fish industry, to produce food grade packaging) | Report Summary | N-CHITOPACK | FP7 | CORDIS | European Commission [Internet]. [citat 13 desembre 2020]. Disponible a: <https://cordis.europa.eu/project/id/315233/reporting>
31. XiaoMing C, Ying F, Hong Z, ZhiYong C. Review of the nutritive value of edible insects. For insects as food humans bite back Proc a Work Asia-Pacific Resour their potential Dev Chiang Mai, Thailand, 19-21 February, 2008. 2010;85-92.
32. Sun Long, Feng Ying, He Zhao et al. 2007. Studies on alkaline solution extraction of polysaccharide from silkworm pupa and its immunomodulating activities. *Forest Research*, 20 (6): 782-786
33. Rumpold BA, Schlüter OK. Nutritional composition and safety aspects of edible insects [Internet]. Vol. 57, *Molecular Nutrition and Food Research*. *Mol Nutr Food Res*; 2013 [citat 4 desembre 2020]. p. 802-23. Disponible a: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23471778/>

34. Mlcek J, Rop O, Borkovcova M, Bednarova M. A comprehensive look at the possibilities of edible insects as food in Europe - A Review. Vol. 64, Polish Journal of Food and Nutrition Sciences. Polish Academy Sciences; 2014. p. 147-57.
35. Kouřimská L, Adámková A. Nutritional and sensory quality of edible insects. Vol. 4, NFS Journal. Elsevier GmbH; 2016. p. 22-6.
36. J. Ramos-Elorduy, J.M. Pino, E.E. Prado, M.A. Perez, J.L. Otero, O.L. de Guevara, Nutritional value of edible insects from the state of Oaxaca, Mexico, J. Food Compos. Anal. 10 (1997) 142–157
37. M.D. Finke, Nutrient content of insects, in: J.L. Capinera (Ed.), Encyclopedia of Entomology, Kluwer Academic, Dordrecht, London 2004, pp. 1562–1575
38. Finke, M. D., Defoliart, G., Benevenga, N. J., Use of a fourparameter logistic model to evaluate the quality of the protein from three insect species when fed to rats. J. Nutr. 1989, 119, 864–871.
39. Tzompa-Sosa DA, Yi L, van Valenberg HJF, van Boekel MAJS, Lakemond CMM. Insect lipid profile: Aqueous versus organic solvent-based extraction methods. Food Res Int. 2014;62:1087-94.
40. K.E. Ekpo, A.O. Onigbinde, I.O. Asia, Pharmaceutical potentials of the oils of some popular insects consumed in southern Nigeria, Afr. J. Pharm. Pharmacol 3 (2009) 51–57.
41. M.D. Finke, Estimate of chitin in raw whole insects, Zoo Biol. 26 (2007) 105–115.
42. M.G. Paoletti, L. Norberto, R. Damini, S. Musumeci, Human gastric juice contains chitinase that can degrade chitin, Ann. Nutr. Metab. 51 (2007) 244–251.
43. M. Borkovcová, M. Bednářová, V. Fišer, P. Ocknecht, Kitchen Variegated by Insects 1, Lynx, Brno, 2009
44. K.P. Lee, S.J. Simpson, K. Wilson, Dietary protein-quality influences melanization and immune function in an insect, Funct. Ecol. 22 (2008) 1052–1061.
45. Ramos-Elorduy J, Moreno JMP, Prado EE, Perez MA, Otero JL, De Guevara OL. Nutritional value of edible insects from the state of Oaxaca, Mexico. J Food Compos Anal. 1 juny 1997;10(2):142-57.
46. S.G.F. Bukkens, Insects in the Human Diet: Nutritional Aspects, in: M.G. Paoletti (Ed.), Ecological Implications of Minilivestock; Role of Rodents, Frogs, Snails, and Insects for Sustainable Development, Science Publishers, New Hampshire 2005, pp. 545–577.

47. M.D. Finke, Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used as food for insectivores, *Zoo Biol.* 21 (2002) 269–285.
48. http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1887-85712018000100041
49. Risk profile related to production and consumption of insects as food and feed. *EFSA J* [Internet]. 1 octubre 2015 [citad 8 desembre 2020];13(10):4257. Disponible a: <http://doi.wiley.com/10.2903/j.efsa.2015.4257>
50. Revista del comité científico de la Aecosan número 27. Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Consumo, Seguridad Alimentaria y Nutrición (AECOSAN) en relación a los riesgos microbiológicos y alergénicos asociados al consumo de insectos. 2018
51. Van Huis A. Nutrition and health of edible insects. Vol. 23, *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*. Lippincott Williams and Wilkins; 2020. p. 228-31.
52. IPIFF. IPIFF position on the revision of EU food hygiene legislation and import rules for insects as food General Remarks [Internet] 5 Novembre 2018 [citad 14 desembre 2020] Disponible a: <https://ipiff.org/position-papers/>
53. Organizació Mundial e la Salut. Malnutrició [Internet]. [citad 18 desembre 2020]. Disponible a: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/malnutrition>
54. Tao J, Li YO. Edible insects as a means to address global malnutrition and food insecurity issues. *Food Qual Saf* [Internet]. 6 març 2018 [citad 18 desembre 2020];2(1):17-26. Disponible a: <https://academic.oup.com/fqs/article/2/1/17/4911878>
55. Causas y consecuencias de la escasez de agua en el mundo - ACNUR [Internet]. [citad 18 desembre 2020]. Disponible a: https://eacnur.org/blog/escasez-agua-en-el-mundo-tc_alt45664n_o_pstn_o_pst/
56. Yhoun-Aree J, Puwastein P, Attig GA. Edible insects in Thailand: An unconventional protein source? *Ecol Food Nutr* [Internet]. setembre 1997 [citad 19 desembre 2020];36(2-4):133-49. Disponible a: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03670244.1997.9991511>
57. Insectos para combatir el hambre y la crisis climática | Acción contra el Hambre [Internet]. [citad 20 desembre 2020]. Disponible a: <https://www.accioncontraelhambre.org/es/te-contamos/actualidad/insectos-para-combatir-el-hambre-y-la-crisis-climatica>
58. Do insects taste good? - BUGSfeed [Internet]. [citad 20 desembre 2020]. Disponible a: http://www.bugsfeed.com/do_insects_taste_good

59. Bergmans RS, Nikodemova M, Stull VJ, Rapp A, Malecki KMC. Comparison of cricket diet with peanut-based and milk-based diets in the recovery from protein malnutrition in mice and the impact on growth, metabolism and immune function. Blachier F, editor. PLoS One [Internet]. 11 juny 2020 [citat 22 desembre 2020];15(6):e0234559. Disponible a: <https://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0234559>