

Producción de extractos de insectos comestibles como ingredientes bioactivos y análisis de su potencial comercial

Emma Cantero Bahillo

Máster en Nuevos Alimentos



MÁSTERES
DE LA UAM
2019 – 2020

Facultad de Ciencias

Máster en Nuevos Alimentos

PRODUCCIÓN DE EXTRACTOS DE INSECTOS COMESTIBLES COMO INGREDIENTES BIOACTIVOS Y ANÁLISIS DE SU POTENCIAL COMERCIAL

Emma Cantero Bahillo

Director: Diana Martín García y Tiziana Fornari Reali

Lugar de realización: CIAL/Departamento de
Producción y Caracterización de Nuevos Alimentos



ÍNDICE

RESUMEN	I
ABSTRACT	II
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Entomofagia.....	1
1.2. Marco normativo de la producción de insectos para consumo humano a nivel europeo	1
1.3. Relevancia del consumo de insectos	2
1.3.1. Principales compuestos nutricionales de los insectos	4
1.3.1.1. Proteínas	4
1.3.1.2. Lípidos	4
1.3.1.3. Hidratos de carbono.....	5
1.4. Compuestos bioactivos de interés en insectos	5
1.4.1. Obtención de extractos bioactivos a partir de insectos comestibles.....	6
1.4.2. Importancia del desgrasado en la obtención de extractos naturales bioactivos ...	7
1.5. Mosca soldado negra (<i>Hermetia illucens</i>)	8
1.6. Perspectivas futuras y potencial comercial de extractos bioactivos de insectos comestibles	9
2. OBJETIVO Y PLAN DE TRABAJO	12
2.1. Objetivos.....	12
2.2. Plan de trabajo	13
3. MATERIAL Y MÉTODOS	14
3.1. Procedimientos de extracción	14
3.1.1. Materiales, materia prima y pretratamiento	14
3.1.2. Desgrasado de la materia prima	14
3.1.2.1. Desgrasado con CO ₂ supercrítico	14
3.1.2.2. Desgrasado con hexano	14
3.1.3. Obtención de los extractos	15
3.1.3.1. Extracción SFE	15
3.1.3.2. Extracción UAE.....	15
3.2. Herramientas y metodologías para el estudio del potencial comercial	16
3.2.1. Identificación del usuario y propuesta de valor	17
3.2.2. Creación de un modelo de negocio	18

3.2.3.	Herramientas de marketing y mercado.....	18
3.2.4.	Elaboración del material de ventas.....	19
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
4.1.	Rendimiento del desgrasado.....	20
4.2.	Obtención de los extractos.....	23
4.3.	Potencial comercial de los extractos de insectos comestibles: Programa UAM-Emprende.....	24
4.3.1.	Usuario y propuesta de valor.....	26
4.3.2.	Modelo de negocio	32
4.3.3.	Marketing y mercado	36
4.3.4.	Material de ventas	41
5.	CONCLUSIONES.....	43
6.	BIBLIOGRAFÍA.....	44
7.	ANEXOS.....	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Posibles especies de insectos dirigidos a consumo humano y animal	3
Tabla 2.	Herramientas utilizadas en cada etapa del Programa UAM-Emprende.....	17
Tabla 3.	Rendimiento (%) de las diferentes cinéticas de desgrasado de la harina de <i>H. illucens</i> mediante SFE-CO ₂	20
Tabla 4.	Aspecto físico de la harina sin desgrasar, harina desgrasada y grasa extraída de <i>H. illucens</i> mediante SFE-CO ₂	22
Tabla 5.	Rendimientos de extracción (%) de <i>H. illucens</i>	23

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>H. illucens</i> en estado adulto y larvario.....	9
Figura 2. Crecimiento estimado del mercado de insectos comestibles por región	10
Figura 3. Esquema del Plan de Trabajo: (a) obtención de extractos, (b) análisis del potencial comercial.	13
Figura 4. Ciclo de vida del proceso de innovación en el desarrollo de nuevos productos o servicios.....	17
Figura 5. Cinéticas de rendimientos de desgrasado de <i>H. illucens</i> , mediante SFE-CO ₂	20
Figura 6. Plantilla <i>User Persona</i> de una empresa dedicada a la venta de nutraceuticos.	27
Figura 7. Plantilla <i>Canvas Mapa de Empatía</i> con una empresa de producción de nutraceuticos.	29
Figura 8. Plantilla <i>Customer Journey</i> para un nuevo nutraceutico elaborado con extractos bioactivos de insectos comestibles.....	30
Figura 9. <i>Diagrama de Venn</i>	31
Figura 10. Plantilla <i>Canvas Propuesta de Valor</i> para el desarrollo de un nuevo nutraceutico con extractos bioactivos de insectos comestibles.....	32
Figura 11. Plantilla <i>Canvas Modelo de Negocio</i> para un nuevo nutraceutico con extractos bioactivos de insectos comestibles.....	35
Figura 12. Interés a lo largo del tiempo sobre el término "Nutraceutico" en el último año a nivel mundial.....	37
Figura 13. Interés a lo largo del tiempo sobre el término "Nutraceutical" en el último año a nivel mundial.....	38
Figura 14. Porcentaje de participación según sexo.	39
Figura 15. Porcentaje de participación según rango de edad.	39
Figura 16. Porcentaje de personas dispuestas a consumir un producto que contuviese sustancias beneficiosas para la salud procedentes de insectos comestibles.	39
Figura 17. Porcentaje de votos sí/no según el sexo.....	40
Figura 18. Porcentaje de votos sí/no según el rango de edad.....	40

LISTA DE ABREVIATURAS

CO₂: Dióxido de carbono

ECA: Enzima convertidora de angiotensina

UAE: Extracción asistida con ultrasonidos

SFE- CO₂: Extracción con dióxido de carbono supercrítico

SFE: Extracción con fluidos supercríticos

PLE: Extracción con líquidos presurizados

SLE: Extracción sólido-líquido

RESUMEN

Los insectos comestibles, además de ser una fuente rica en proteínas, han demostrado poseer sustancias con beneficios potenciales para la salud. En este sentido, organismos de reconocimiento mundial pretenden fomentar y reglar su consumo a nivel mundial, no solo por sus ventajas nutricionales, sino también por constituir una alternativa sostenible a la demanda de productos proteicos de origen animal.

El objetivo de este estudio fue obtener extractos del insecto *H. illucens* mediante extracción con fluido supercrítico (SFE) y estudiar su utilidad comercial como ingredientes alimentarios de uso para la salud.

En una primera etapa de SFE se realizó el desgrasado en distintas condiciones de presión, temperatura y caudal de CO₂, obteniendo el rendimiento máximo de desgrasado (44.86%) a 450 bares, 60°C y 100 g/min de CO₂. En una segunda etapa de obtención de los extractos bioactivos, el rendimiento se vio favorecido por el incremento de cosolvente (etanol). Los resultados obtenidos por SFE se compararon con los conseguidos en una extracción asistida por ultrasonidos (UAE), con un desgrasado previo de la muestra por un método convencional con disolvente orgánico, demostrándose que la técnica SFE es una excelente alternativa a los métodos tradicionales tanto en el desgrasado como en la obtención de extractos bioactivos a partir de matrices de insectos.

Por otro lado, el empleo de diversas herramientas y métodos de emprendimiento, así como la realización de un análisis de mercado, permitieron averiguar la viabilidad comercial de un producto elaborado con sustancias beneficiosas para la salud, procedente de insectos comestibles, y que, según una encuesta realizada en este trabajo, un número elevado de personas (72%) se muestran dispuestas a consumirlo.

ABSTRACT

Edible insects, which are known as a protein-rich source, have been shown to have substances with potential health benefits. In this regard, global recognition bodies are seeking to promote and regulate their consumption worldwide, not only because of their nutritional advantages, but also because they are a sustainable alternative to the demand for protein products of animal origin.

The objective of this study was to obtain extracts from the *H. illucens* insect by extraction with supercritical fluid (SFE) and to study its commercial usefulness as food ingredients for health use.

In a first stage of SFE, degreasing was carried out under different conditions of pressure, temperature and CO₂ flow, obtaining the maximum degreasing yield (44.86%) at 450 bar, 60°C and 100 g/min of CO₂. In a second stage of obtaining the bioactive extracts, the yield was favored by the increase in cosolvent (ethanol). The obtained results were compared with those obtained in an ultrasound-assisted extraction (UAE), with a previous degreasing of the sample by a conventional method with organic solvent, demonstrating that the SFE technique is an excellent alternative to traditional methods in both degreasing and obtaining bioactive extracts from insect matrices.

On the other hand, the use of various tools and methods of entrepreneurship, as well as the carrying out of a market analysis, made it possible to find out the commercial viability of a product processed with substances beneficial to health, from edible insects, and that, according to a survey carried out in this study, a large number of people (72%) are willing to consume it.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Entomofagia

El consumo de insectos como alimento, denominado entomofagia, no es un hábito nuevo, pues comenzó con los primeros homínidos y se ha practicado durante años en muchas culturas de todo el mundo. Aproximadamente 2 mil millones de personas consumen insectos en más de 113 países, principalmente en África, Asia y América Latina. Sin embargo, en las culturas occidentales ha ganado impulso hace tan solo unos años, ya que tradicionalmente se consideraba un hábito alimentario desagradable y primitivo o un signo de pobreza (Imathiu, 2020; da Silva Lucas y col., 2020; Barennes y col., 2015).

Los insectos se pueden consumir en distintas etapas de su desarrollo, como huevos, larvas, pupas y en estado adulto, destacando las formas de larva o pupa. Se estima que cerca de 2000 especies son comestibles y, entre las principales especies consumidas, en orden de importancia, se encuentran: escarabajos (coleópteros); orugas (lepidópteros); hormigas, abejas y avispa (himenópteros); langostas, saltamontes y grillos (ortópteros); cigarras, cochinillas y chinches (hemípteros); termitas (isópteras); libélulas (odonatos); moscas (dípteras) y otros órdenes (Imathiu, 2020; Stamer, 2015; FAO, 2013).

La sostenibilidad es primordial en el mundo en el que vivimos. Por ello, es importante buscar alternativas que compensen el aumento de la demanda de proteína animal, siendo los insectos una excelente opción (da Silva Lucas y col., 2020). En este sentido, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) señaló la necesidad de indagar prácticas modernas en la ciencia de los alimentos que ayuden a fomentar el comercio, consumo y aceptación de los insectos en nuestra dieta (FAO, 2013).

1.2. Marco normativo de la producción de insectos para consumo humano a nivel europeo

A pesar del creciente interés en potenciar el consumo de insectos a nivel mundial, la producción y comercialización para alimentación humana no ha estado permitida en muchos países, incluidos los europeos, hasta hace unos pocos años. Con la entrada en vigor del Reglamento (CE) nº 999/2001, quedó prohibido el uso de proteínas de origen animal para alimentar a rumiantes, con el objetivo de prevenir y controlar la encefalopatía espongiforme bovina, lo que imposibilitó el uso de insectos en la alimentación animal y, por consiguiente, su entrada en

cualquier punto de la cadena alimentaria. Sin embargo, en 2015, la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) emitió un dictamen científico donde concluía que, el perfil de riesgo de la producción y consumo de insectos en la alimentación humana y animal era igual o inferior al perfil de riesgo de las fuentes autorizadas de proteína animal (EFSA, 2015). Dicho dictamen fue fundamental para alcanzar un hito importante para el sector de la producción de insectos, ya que en el año 2017 se aprobó el Reglamento (UE) 2017/893, por el cual se autorizaba y regulaba la alimentación de animales de acuicultura destinados a alimentación humana con proteína animal, transformada, derivada de insectos de granja, y piensos que la contengan. De este modo, se aprobó por primera vez, a nivel europeo, la entrada de productos derivados de insectos en la cadena alimentaria.

La EFSA, de acuerdo con el Reglamento (UE) 2017/893, enumeró una lista de las especies de insectos que presentaban un mayor potencial para ser utilizadas como alimento, tanto en alimentación humana como animal (**Tabla 1**).

En enero de 2018 entró en vigor el Reglamento (UE) 2015/2283 relativo a la autorización de “nuevos alimentos”, donde se incluyeron los insectos y sus partes, o aislados de éstos. Este hecho favorecerá la introducción de los insectos en el mercado europeo, proporcionando a los consumidores el acceso a una nueva fuente de alimentación, de forma reglada y segura, lo que supondrá para la industria alimentaria una gran oportunidad en el desarrollo de nuevas actividades.

1.3. Relevancia del consumo de insectos

Actualmente el mundo se enfrenta al desafío de cumplir, para el año 2030, los tres primeros Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) de ‘no pobreza’, ‘hambre cero’ y ‘buena salud y bienestar’, que están interrelacionados. Una de las mayores preocupaciones es la desnutrición energético-proteica, que afecta aproximadamente a mil millones de personas en todo el mundo y presenta un efecto directo en la salud de las personas (Raheem y col., 2019; Churchward-Venne y col., 2017). Para superar este desafío, como bien recomendó la FAO en 2013, se deberían incluir los insectos en la dieta habitual, los cuales presentan una alta carga de nutrientes. Con su alto contenido en proteínas, ácidos grasos esenciales y riqueza en vitaminas y minerales (P, Ca, Zn, Fe, Mn, Se, Cu), los insectos constituyen una buena alternativa a otras proteínas animales, no solo desde un punto de vista nutricional, sino también desde una perspectiva de sostenibilidad. La cría de insectos

emite menos gases de efecto invernadero que la ganadería tradicional, posee tasas más elevadas de crecimiento y producción, y requiere menor superficie de tierra y alimento (Imathiu, 2020; Raheem y col., 2019; Churchward-Venne y col., 2017; Yi y col., 2013).

Tabla 1. Posibles especies de insectos dirigidos a consumo humano y animal (EFSA, 2015)

Nombre común	Nombre científico	Imagen
Grillo doméstico	<i>Acheta domesticus</i> *	
Polilla pequeña	<i>Achroia grisella</i>	
Escarabajo de la cama	<i>Alphitobius diaperinus</i> *	
Gusano de la seda	<i>Bombyx mori</i>	
Polilla de la cera	<i>Galleria mellonella</i>	
Grillo rayado	<i>Gryllodes sigillatus</i> *	
Grillo bicolor	<i>Gryllus assimilis</i> *	
Mosca soldado negra	<i>Hermetia illucens</i> *	
Langosta migratoria	<i>Locusta migratoria migratorioides</i>	
Mosca común	<i>Musca domestica</i> *	
Langosta voladora	<i>Schistocerca americana</i>	
Gusano de la harina	<i>Tenebrio molitor</i> *	
Escarabajo amazónico	<i>Zophobas atratus</i>	

*Insectos autorizados en el Reglamento (UE) 2017/893 para alimentación animal.

1.3.1. Principales compuestos nutricionales de los insectos

1.3.1.1. Proteínas

Una de las partes más relevantes del valor nutricional de los insectos es su alto contenido proteico. Este contenido varía dependiendo de la especie, ubicación y temporada de recolección, alimentación del insecto, etapa del desarrollo y procesamiento antes del análisis, entre otros factores (Churchward-Venne y col., 2017). Xiaoming y col. (2010) evaluaron el contenido proteico de 100 especies de insectos, obteniendo un rango de 13-77% expresado en peso seco. Este intervalo concuerda con el obtenido por Ramos-Elorduy y col. (1997), 15-81% de proteína expresado en peso seco, en el que se analizaron 78 especies de insectos comestibles. El contenido en aminoácidos esenciales se encuentra entre el 13-30% expresado en peso seco (Xiaoming y col., 2010), encontrándose la lisina, el triptófano y la treonina entre los aminoácidos más abundantes y representativos (Rumpold y Schlüter, 2013).

1.3.1.2. Lípidos

Los insectos también presentan una alta y variable cantidad de grasa. Al igual que ocurre con el contenido proteico, el contenido lipídico depende de varios factores. Así pues, encontramos diferentes intervalos, todos ellos expresados en extracto seco y muy similares entre sí, 7-77% (Ramos-Elorduy y col., 1997), 9-67% (Womeni y col., 2009), 5-74% (Bessa y col., 2017). El porcentaje de grasa es mayor en la fase larvaria que en la adulta, por lo que muchas especies se consumen en forma de larva o pupa (Xiaoming y col., 2010).

En general, la grasa de los insectos se caracteriza por su alto contenido en ácidos grasos insaturados, y con frecuencia contiene los ácidos grasos esenciales linoleico y α -linolénico (van Huis y col., 2013), junto con ácido oleico. Sin embargo, algunas especies presentan un contenido importante en ácidos grasos saturados, destacando el palmítico y esteárico (Rumpold y Schlüter, 2013)

También es importante señalar que, al igual que la mayor parte de los alimentos de origen animal, los insectos presentan cantidades relevantes de compuestos liposolubles minoritarios con implicaciones nutricionales y sobre la salud, como el colesterol o las vitaminas liposolubles (Ramos-Bueno y col., 2016; Tzompa-Sosa y col., 2014; Finke, 2013; Rumpold y Schlüter, 2013)

1.3.1.3. Hidratos de carbono

La cantidad de hidratos de carbono que presentan los insectos en comparación con los dos macronutrientes anteriores es notablemente inferior, oscilando entre un 1-10% expresado en peso seco (Chen y col., 2009). El carbohidrato predominante en los insectos es la quitina. Se trata de un polímero de cadena larga de N-acetilglucosamina responsable del contenido en fibra insoluble, especialmente en aquellos insectos que presentan exoesqueletos duros (van Huis y col., 2013; Bukkens, 2005). Este polímero representa aproximadamente el 5-20% de la biomasa del insecto, dependiendo de la especie (Bessa y col., 2017).

1.4. Compuestos bioactivos de interés en insectos

Los compuestos bioactivos se consideran constituyentes “extra-nutricionales” que se producen de forma natural y en pequeñas cantidades, principalmente en alimentos de origen vegetal o con alto contenido en lípidos (Kris-Etherton y col., 2002).

A pesar de la escasa información disponible sobre la presencia de compuestos bioactivos en los insectos comestibles, en los últimos años se han empezado a demostrar ciertas actividades beneficiosas para la salud relacionadas con dichos compuestos, aunque los mecanismos y los compuestos específicos no sean claros en la mayoría de los casos (Navarro del Hierro y col., 2020; Seabrooks y Hu, 2017).

Entre los posibles compuestos bioactivos que podemos hallar en los insectos se encuentran los péptidos bioactivos. Éstos han demostrado tener propiedades antioxidantes, antimicrobianas, antidiabéticas, capacidad inhibitoria de la enzima convertidora de angiotensina I (ECA) y otros enzimas (da Silva Lucas y col., 2020). Zielińska y col. (2017) describieron el efecto antioxidante y antiinflamatorio de péptidos obtenidos de *Tenebrio molitor*, *Schistocerca gregaria* y *Gryllodes sigillatus*. También se obtuvieron péptidos de *T. molitor*, tras la hidrólisis con un enzima comercial, con efecto antihipertensivo mediante la inhibición de la ECA (Dai y col., 2013).

Además de los péptidos, otros autores han encontrado actividades biológicas no atribuibles a estos compuestos. Navarro del Hierro y col. (2020) obtuvieron extractos no proteicos de *A. domesticus* y *T. molitor* que mostraron tener actividad antioxidante y actividad inhibitoria de la lipasa pancreática. Así mismo, compuestos fenólicos de un extracto etanólico de *Holotrichia paraella*, se relacionaron con una actividad antioxidante *in vitro* (Liu y col., 2012). Por otro

lado, las saponinas, conocidas por sus propiedades antioxidantes, anticancerígenas, hipocolesterolémicas, hipoglucemiantes o inmunomoduladoras (Singh y col., 2017), se encontraron en cantidades considerables en extractos de la especie *Henicus whellani*, obtenidos por éter de petróleo (Musundire y col., 2014).

Dutta y col. (2019) muestran la gran cantidad de compuestos bioactivos obtenidos a partir de insectos, como la cantaridina, isocumarina y pancratintatina, entre otros, que presentan actividad contra la inflamación y los trastornos de salud asociados y contra el cáncer. También se han demostrado efectos antidiabéticos, antimicrobianos, antiadipogénicos y antiobesidad (Seo y col., 2017; Yoon y col., 2015).

Por ello, teniendo en cuenta toda esta información, la gran diversidad de especies de insectos comestibles que existen y su posible uso alimentario, resultaría interesante indagar en el potencial de la producción de insectos como fuente de compuestos bioactivos, más allá del interés nutricional como fuente de proteínas.

1.4.1. Obtención de extractos bioactivos a partir de insectos comestibles

Entre las técnicas más utilizadas en la extracción de compuestos bioactivos de matrices naturales se encuentran la extracción sólido-líquido (SLE) o el método Soxhlet. En el caso de los insectos, la técnica Soxhlet ha sido principalmente empleada en la obtención de extractos de *Henicus whellani* (Musundire y col., 2014) y de fracciones lipídicas de las especies *T. molitor*, *A. diaperenius*, *Z. morio*, *A. domesticus* y *B. dubia* (Tzompa-Sosa y col., 2014; Yi y col., 2013).

Sin embargo, estas técnicas convencionales muestran ciertas desventajas, como largos tiempos de extracción, altas temperaturas, grandes cantidades de disolventes y/o presentan baja selectividad y eficiencia de extracción (Nguyen y col., 2016). Además, muchos compuestos bioactivos son sensibles a la temperatura y a cambios físicos y/o químicos. Por ello, es importante investigar en el empleo de técnicas de extracción no convencionales ‘verdes e innovadoras’, con el fin de conseguir el mayor potencial de estos compuestos bioactivos. Entre estas técnicas no convencionales se encuentran la extracción asistida por ultrasonidos (UAE), extracción con fluidos supercríticos (SFE) y líquidos presurizados (PLE), entre otras (Azmir y col., 2013).

Aunque la aplicación de estas técnicas avanzadas es aún muy limitada en insectos, se pueden comenzar a encontrar algunos ejemplos. Así, la UAE se ha utilizado recientemente en la

obtención de un aceite funcional de larvas comestibles de *Clanis bilineata* (Sun y col., 2018). Navarro del Hierro y col. (2020) también usaron esta técnica para obtener extractos de las especies *A. domesticus* y *T. molitor*, utilizando etanol o etanol:agua como disolventes.

En cuanto a la técnica SFE, además de ser una técnica interesante y cada vez más empleada en la extracción de lípidos y compuestos bioactivos de naturaleza lipídica (Calvo y col., 2020; Kitryté y col., 2020; Pires y col., 2019; Purschke y col., 2017; Cavalcanti y col., 2016; Albuquerque y Meireles, 2012; Jiang y Niu, 2011; Wang y col., 2008), los extractos obtenidos por SFE tienen una mayor calidad en comparación con los obtenidos por métodos tradicionales de extracción (Kitryté y col., 2020; Ghafoor y col., 2010). De hecho, se pueden encontrar algunos ejemplos de aplicación de SFE en la obtención de lípidos de insectos o desgrasado de los mismos, como se detallará en el apartado 1.4.2. No obstante, y, hasta donde sabemos, la obtención de extractos concentrados en otros compuestos bioactivos por SFE no se ha realizado previamente para matrices de insectos.

1.4.2. Importancia del desgrasado en la obtención de extractos naturales bioactivos

Conseguir un aumento en la bioactividad de los extractos naturales se ha convertido en un auténtico reto. La realización de un desgrasado previo, de la matriz natural de la que se va a obtener un extracto, podría afectar de forma positiva en la mejora de la bioactividad, al retirar un componente que en muchos casos es mayoritario y que no está fundamentalmente implicado en las actividades biológicas buscadas en los extractos. Así, como puede observarse en varios estudios, la concentración de ciertas sustancias bioactivas, especialmente las que presentan una mayor polaridad, es superior en los extractos procedentes de matrices desgrasadas; siendo ejemplo de ello, la mayor concentración de fosfolípidos más polares presentes en un extracto de aceite, obtenido a partir de una torta de chía previamente desgrasada por SFE (Calvo y col., 2020), y la gran cantidad de antioxidantes presentes en los residuos de orujo de sauco desgrasado (Kitryté y col., 2020).

Este hecho también se ha observado en el caso de los insectos, cuya harina suele ser desgrasada, principalmente, con el objetivo de conseguir una fracción enriquecida en proteínas, siendo, además, el producto desgrasado, fuente de una alta cantidad de compuestos bioactivos minoritarios (Son y col., 2020; Firmansyah y Abduh, 2019). Así, en el trabajo realizado por Marín (2019), se observó un mayor poder antioxidante y de inhibición de la lipasa pancreática para extractos UAE de muestras previamente desgrasadas de *T. molitor*, en comparación con

los extractos obtenidos sin desgrasar. Sin embargo, salvo esta referencia, cuyo estudio fue llevado a cabo en el grupo de investigación del presente trabajo, no se han encontrado otros estudios centrados en el efecto del desgrasado sobre la bioactividad de los extractos a partir de insectos y/o harinas de insectos. Por ello, resultaría interesante indagar más en lo referente a este tema en futuras investigaciones, utilizando distintas tecnologías de desgrasado, así como especies de insectos diferentes.

Las técnicas convencionales con disolventes orgánicos, destacando SLE y Soxhlet, son las más utilizadas en el proceso de desgrasado de matrices naturales (Kitrytė y col., 2020; Son y col., 2020; Firmansyah y Abduh, 2019; Ribeiro y col., 2019). Sin embargo, las alternativas como UAE, PLE y SFE están ganando cada vez más importancia (Kitrytė y col., 2020), sobre todo esta última, ya que son técnicas versátiles, más beneficiosas desde el punto de vista medioambiental, con las que además se consiguen altos rendimientos y gran selectividad.

En cuanto a disolventes, el hexano o éter de petróleo son los tradicionalmente utilizados para el desgrasado, tanto en las técnicas convencionales como en las alternativas, a excepción de SFE-CO₂, en cuyo caso, el disolvente empleado es únicamente CO₂, sin necesidad de ningún tipo de otro cosolvente orgánico. Este aspecto la convierte en una técnica realmente interesante, cada vez más utilizada en el proceso de desgrasado (Calvo y col., 2020; Kitrytė y col., 2020; Pires y col., 2019; Purschke y col., 2017; Cavalcanti y col., 2016; Albuquerque y Meireles, 2012; Jiang y Niu, 2011; Wang y col., 2008). De hecho, en el caso particular de insectos, son diversos los estudios que han comenzado a emerger basados en la técnica SFE-CO₂ para el desgrasado de esta materia prima, como paso previo a la obtención de otros productos. Como ejemplo, el desgrasado SFE se ha utilizado recientemente en las especies *T. molitor*, *A. domesticus* y *H. illucens* (Kim y col., 2019; Laroche y col., 2019; Sipponen y col., 2018; Purschke y col., 2017; Tang y Dai, 2016).

1.5. Mosca soldado negra (*Hermetia illucens*)

El insecto *H. illucens* (**Figura 1**), comúnmente conocido como mosca soldado negra, es originario de Sudamérica, aunque actualmente está extendido por todo el mundo. Sus larvas pueden alimentarse de gran variedad de desechos orgánicos, contribuyendo a la preservación del medio ambiente al ser un bioconvertor muy eficiente de residuos orgánicos (Ewald y col., 2020; Wang y col., 2019). Además de este uso, gracias al Reglamento (UE) 2017/893 que permitió el uso de insectos en la formulación de piensos animales, la harina de *H. illucens* se

está utilizando, especialmente, en alimentación acuícola (Giannetto y col., 2020). Sin embargo, aunque se considera una de las especies con mayor potencial para ser consumida en la Unión Europea, su autorización como alimento de consumo humano está todavía pendiente de ser aprobada (AECOSAN, 2018).



Figura 1. *H. illucens* en estado adulto y larvario.

En comparación con otros insectos, las larvas de *H. illucens* muestran una gran cantidad de grasa, especialmente ácidos grasos saturados (Ramos-Bueno y col., 2016), siendo por tanto deseable llevar a cabo un desgrasado previo de la misma a la hora de obtener extractos potencialmente bioactivos de estas larvas. Por tanto, el uso de larvas *H. illucens* resultaría muy interesante como modelo de insecto altamente lipídico para indagar en el uso de distintas tecnologías de desgrasado y de obtención posterior de extractos.

1.6. Perspectivas futuras y potencial comercial de extractos bioactivos de insectos comestibles

Desde las recomendaciones dictadas por organismos como la FAO y la EFSA, de introducir insectos en nuestra dieta, y la entrada en vigor del Reglamento (UE) 2017/893 que permitía su utilización en la alimentación de animales de acuicultura destinados a alimentación humana, y del Reglamento (UE) 2015/2283 en el que pasaron a formar parte de los nuevos alimentos, las granjas de insectos no han parado de surgir y crecer en toda Europa, incluida España.

Siguiendo el procedimiento del Reglamento 2015/2283, actualmente son hasta 12 las solicitudes realizadas a la EFSA para la autorización como nuevo alimento de distintas especies de insectos comestibles, previéndose que sea en el presente año 2020 cuando la EFSA apruebe las primeras solicitudes (European Commission, 2020; IPIFF, 2020). A la espera de esta resolución, las granjas de insectos se están dedicando, especialmente, a la cría de diferentes especies con el fin de comercializar el insecto seco, sus harinas o concentrados de proteína, destinados principalmente a alimentación animal. Sin embargo, se han abierto nuevas vías de explotación, pues a partir de ellos se pueden obtener otros compuestos interesantes como lípidos

y quitina. A esto, habría que sumarle el posible empleo de residuos orgánicos como parte de su alimentación, contribuyendo a disminuir el impacto medioambiental y otorgando gran valor añadido a su producción.

Además, teniendo en cuenta el criterio de economía circular, se podrían obtener compuestos bioactivos dentro del mismo proceso de obtención de los productos principales, así como revalorizar los subproductos de la industria de los insectos.

Sin embargo, dado el carácter tan emergente de esta industria, los insectos, así como las sustancias bioactivas obtenidas a partir de ellos, no se emplean actualmente como materia prima para la elaboración de alimentos funcionales, como complementos alimenticios y/o nutraceuticos. Esto es debido, principalmente, al desconocimiento de su potencial, a la incertidumbre respecto de la aceptación por parte de los consumidores occidentales y a su escasa legislación (Imathiu, 2020). Sin embargo, es posible encontrar dichos productos en países donde el sector de los insectos está bien desarrollado y asentado, como es el caso de China (da Silva Lucas y col., 2020).

No obstante, es cuestión de tiempo que dicho sector gane importancia en el resto del mundo, incluida Europa, hecho que se está viendo reflejado en el aumento progresivo que se prevé de la producción de insectos a nivel mundial, tal y como se muestra en la **Figura 2**. Además, es muy probable que la aceptación de productos elaborados a partir de insectos o sus partes, en países donde tradicionalmente no se consumen, venga motivada por alguna ventaja nutricional y/o funcional, por lo que la actividad de I+D+i vinculada a la entomofagia es esencial, constituyendo la base de las acciones de emprendimiento e innovación en el sector alimentario.

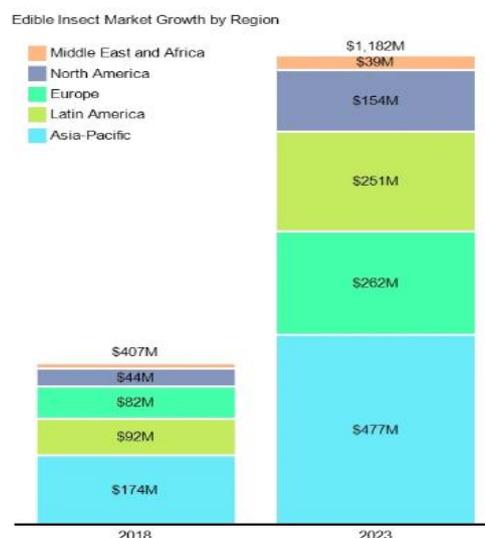


Figura 2. Crecimiento estimado del mercado de insectos comestibles por región (Mekko Graphics, 2020)

En este sentido, en el Laboratorio de Extractos Naturales del CIAL (UAM-CSIC), del Grupo de Investigación de Ingredientes Alimentarios Funcionales (INGREEN) (Grupo UAM G064), se está desarrollando una línea de investigación basada en el potencial funcional de los extractos de insectos comestibles, para promover e impulsar el uso de los insectos en la industria alimentaria, así como también en el sector de los nutraceuticos. Esta investigación ha sido seleccionada para formar parte de la Segunda Edición del Programa de Fomento del Emprendimiento para Investigadores en Formación e Investigadores Postdoctorales de la UAM (UAM-Emprende), del presente año 2020 (UAM-PI20). La finalidad del programa es desarrollar habilidades en el estudiante investigador, así como en el equipo investigador en general, para orientar y abordar acciones de emprendimiento, sobre la base de la línea de investigación en desarrollo, dentro del sector empresarial adecuado. Por tanto, teniendo en cuenta el gran reto que implica introducir el uso de insectos comestibles como materia prima en el sector alimentario europeo, las herramientas desarrolladas a través del Programa UAM-Emprende constituyen un medio para adquirir los conocimientos básicos sobre emprendimiento, creación de valor y negocio, de gran utilidad cuando se desea dar salida comercial a una investigación, para convertirla en un producto o servicio. De este modo, la participación en el Programa UAM-Emprende durante el desarrollo de este Trabajo Fin de Máster ha sido útil para estudiar las perspectivas futuras y viabilidad comercial de extractos bioactivos de insectos comestibles, utilizando herramientas y estrategias de análisis producto-cliente y producto-mercado, entre otras.

Para ello, es esencial conocer las diferentes etapas, dinámicas y herramientas de análisis que se utilizan habitualmente en la creación de un modelo de negocio, para posteriormente poder ponerlas en práctica. En concreto, es relevante evaluar la importancia del diseño centrado en el usuario, considerado el pilar fundamental para la creación de una ventaja competitiva; así como la metodología necesaria para asegurar que se está cubriendo una necesidad y, de este modo, tener más posibilidades de éxito comercial.

Por otro lado, a la hora de abordar acciones de emprendimiento relacionadas con I+D+i, el estudio del ciclo de vida de la innovación también se considera fundamental, ya que, aplicada al caso particular de insectos comestibles, sería una herramienta que buscaría dar utilidad a los extractos obtenidos a partir de insectos comestibles mediante el desarrollo de nuevos productos, como por ejemplo nutraceuticos, abarcando desde la apreciación de necesidades o problemas por parte de los usuarios, la búsqueda de soluciones y el escalado de la mejor solución validada.

2. OBJETIVO Y PLAN DE TRABAJO

2.1. Objetivos

El objetivo principal del presente trabajo fue obtener extractos potencialmente bioactivos del insecto *Hermetia illucens*, y estudiar su utilidad comercial como ingredientes alimentarios de uso para la salud.

Con el fin de lograr este objetivo principal, se plantearon los siguientes objetivos secundarios:

Para la obtención de extractos bioactivos:

- 1) Desgrasado de larvas de *H. illucens* mediante SFE-CO₂ y su comparativa con desgrasado convencional mediante un disolvente orgánico, previo a la obtención de los extractos, y estimación de los rendimientos del desgrasado.
- 2) Optimización de las condiciones de desgrasado mediante SFE-CO₂, en cuanto a tiempo, presión, temperatura y caudal de CO₂.
- 3) Obtención de los extractos mediante SFE-CO₂ y su comparativa con extractos obtenidos mediante UAE, empleando etanol como cosolvente o disolvente, respectivamente, y estimación de los rendimientos de extracción.

Para el análisis del potencial comercial de los extractos:

- 1) Identificar al usuario o cliente potencial de un producto elaborado a partir de extractos bioactivos de insectos comestibles y verificar que dicho producto cubre una necesidad actual, mediante la utilización de diversas herramientas de marketing.
- 2) Analizar el encaje de un producto elaborado a partir de extractos bioactivos de insectos comestibles con el cliente potencial y el mercado, mediante la creación de un modelo de negocio.
- 3) Conocer la aceptación del consumidor de un producto elaborado a partir de extractos bioactivos de insectos comestibles mediante un análisis de mercado.
- 4) Elaborar una herramienta que permita captar clientes potenciales y/o inversores.

2.2. Plan de trabajo

Para llevar a cabo los objetivos planteados anteriormente se idearon los esquemas de trabajo A y B (**Figura 3**), respectivamente, los cuales serán descritos más detalladamente en los siguientes apartados.

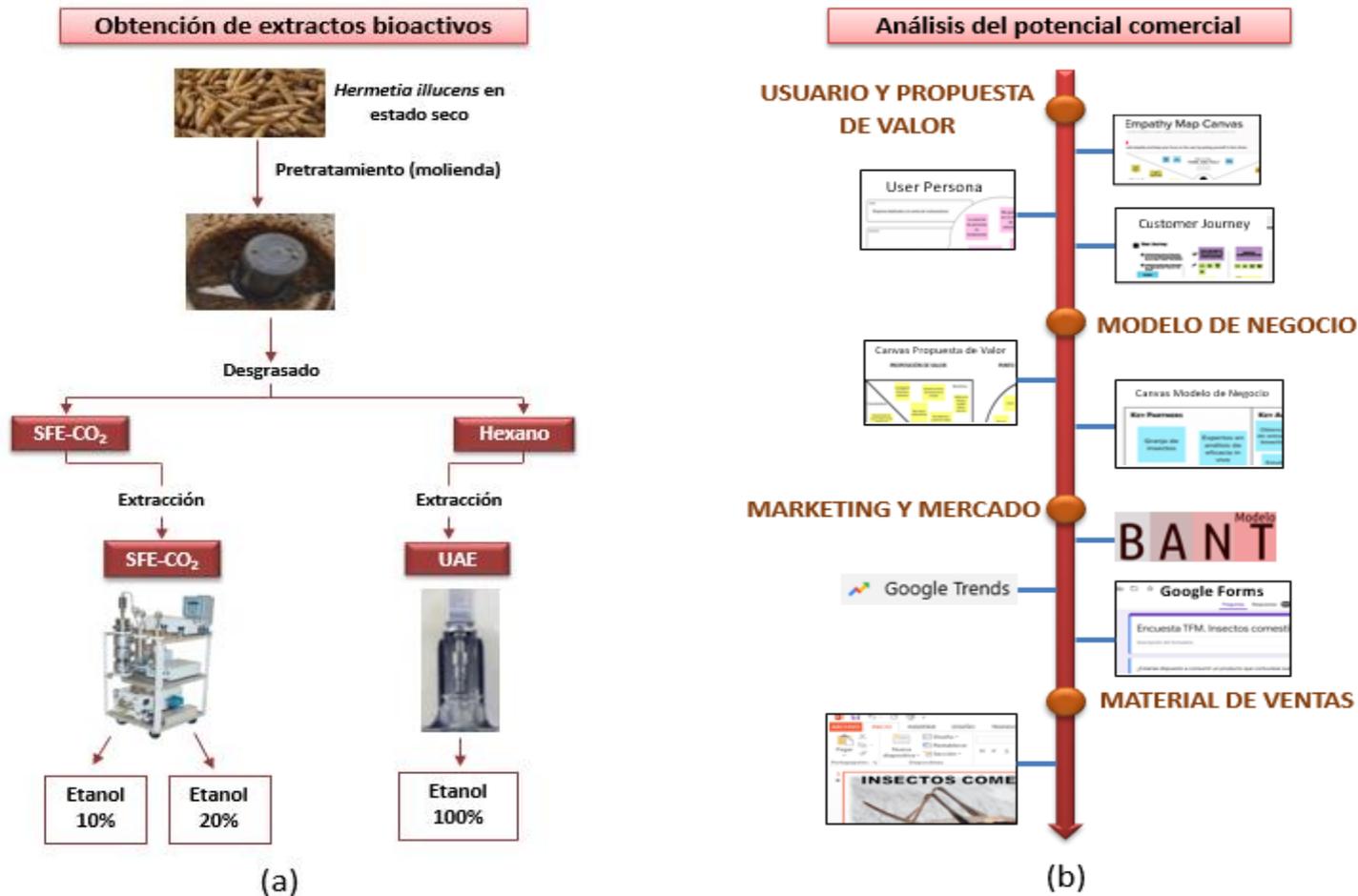


Figura 3. Esquema del Plan de Trabajo: (a) obtención de extractos, (b) análisis del potencial comercial.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Procedimientos de extracción

3.1.1. Materiales, materia prima y pretratamiento

El material de partida fue la mosca soldado negra (*H. illucens*) en fase larvaria, adquirida en estado desecado a un distribuidor de insectos para alimentación animal. Las larvas fueron molidas con un molino de cuchillas (Grindomix GM200 RETSCH), a 10.000 rpm durante 26 segundos, con el fin de favorecer el proceso de extracción. La harina obtenida se envasó a vacío para su posterior desgrasado.

Los disolventes empleados para los procedimientos de desgrasado o extracciones fueron CO₂, etanol y hexano 95%.

3.1.2. Desgrasado de la materia prima

3.1.2.1. Desgrasado con CO₂ supercrítico

La muestra triturada se desgrasó empleando un equipo de extracción con CO₂ supercrítico (Modelo Thar SF2000, Thar Technology, USA). Se emplearon diferentes condiciones de temperatura, presión y caudal de CO₂ con el fin de lograr un desgrasado óptimo de la muestra, previamente a la obtención de los extractos. La celda de extracción (273 cm³) se cargó con una cantidad de muestra aproximada de 100 g. La temperatura de desgrasado se ajustó a 50 o 60°C, la presión a 350 o 450 bares y el caudal de CO₂ a 60 o 100 g/min. El tiempo de desgrasado fue de 120 minutos y se tomaron muestras cada 30 minutos para analizar la cinética de la extracción. El rendimiento de desgrasado se calculó empleando la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento de desgrasado (\%)} = \frac{\text{g de grasa obtenida}}{\text{g de muestra de partida}} \times 100$$

3.1.2.2. Desgrasado con hexano

Se llevó a cabo un estudio comparativo con un procedimiento de desgrasado convencional que fue previamente realizado por el grupo de investigación. Este desgrasado se llevó a cabo pesando 20 g de muestra a los que se añadió 50 mL de hexano 95%. Posteriormente se homogeneizó en Ultraturrax a 11.000 rpm durante 5 minutos. Una vez homogeneizado, se

centrifugó a 4.500 rpm durante 10 minutos a 25°C. El sobrenadante, donde se encuentra la grasa extraída, se eliminó. Posteriormente, se volvió a realizar un segundo desgrasado al precipitado obtenido, siguiendo el mismo procedimiento. La muestra resultante se secó en un incubador a 65°C durante 20 minutos para eliminar los restos de hexano. Este procedimiento de desgrasado se realizó por cuadruplicado. Se calculó el rendimiento en harina desgrasada y, por diferencia respecto al 100%, el rendimiento de desgrasado.

3.1.3. Obtención de los extractos

Se emplearon dos métodos de extracción: la extracción SFE utilizando CO₂ y etanol como cosolvente, y la extracción UAE. Ambos métodos se explican detalladamente a continuación. Para el caso de los extractos con SFE, se partió de la muestra desgrasada previamente con SFE; mientras que para el caso de los extractos UAE, se partió de la muestra previamente desgrasada por hexano. De este modo, se pretende comparar un procedimiento más convencional de desgrasado y extracción, con otro alternativo que lleva a cabo de manera secuencial ambas etapas en un mismo equipo SFE. Para calcular los rendimientos de extracción se empleó la siguiente fórmula, correspondiendo el peso de muestra de partida al peso de harina desgrasada:

$$\text{Rendimiento de extracción (\%)} = \frac{\text{g de extracto obtenido}}{\text{g de muestra de partida}} \times 100$$

3.1.3.1. Extracción SFE

La muestra, molida y desgrasada con CO₂ supercrítico en las condiciones óptimas (60°C, 450 bares y un caudal de CO₂ de 100g/min), se sometió a una extracción SFE empleando como disolvente supercrítico una mezcla de CO₂ y etanol como cosolvente, al 10% y 20% (p/p). Las extracciones se realizaron a una temperatura de 60°C, presión de 150 bares y caudal de CO₂ de 100 g/min, durante 30 minutos. Después de cada extracción, se eliminó el etanol empleando un evaporador rotativo a vacío.

3.1.3.2. Extracción UAE

Esta extracción fue previamente realizada por el grupo de investigación. Para ello, se pesaron 5 g de la muestra desgrasada y seca. Se añadieron 50 mL de etanol y se realizó la extracción con ultrasonidos (Branson, SFX 550 Digital Sonifier, Branson Ultrasonics, México) durante

15 minutos a una amplitud de sonicación de 60% con pulso continuo. Posteriormente, las muestras se centrifugaron a 25°C durante 20 minutos a 4.500 rpm. Se recogió el sobrenadante y se evaporó en rotavapor. Las extracciones se realizaron por duplicado.

3.2. Herramientas y metodologías para el estudio del potencial comercial

El programa UAM-Emprende incluyó varias sesiones presenciales, a través de una plataforma electrónica con conexión sincrónica, en las se explicaron las fases que es necesario abordar para crear una propuesta de valor en un entorno de incertidumbre, es decir, las diferentes etapas que se deben afrontar para transformar una idea en un producto o servicio. El estudio llevado a cabo, hace referencia a las diferentes etapas que acontecen desde que surge la idea de la posible utilidad de los extractos obtenidos a partir de insectos comestibles como ingredientes alimentarios de uso para la salud, hasta que esa idea se convierte en un producto que cubre una necesidad específica, por el cual, el usuario diana estaría dispuesto a pagar.

En las diferentes sesiones se expusieron diversas estrategias correspondientes a cada una de las etapas del proceso. Para abordarlas con éxito se emplearon diversas herramientas (**Tabla 2**), tales como modelos de marketing y plantillas disponibles en la plataforma de MURAL (www.mural.co). Las plantillas se completaron mediante una lluvia de ideas, también conocida como tormenta de ideas o *brainstorming*. La valoración, corrección y mejora de las ideas plasmadas en las plantillas se llevó a cabo a través de un *feedback* con el grupo de investigación y el ponente correspondiente a cada sesión.

A cada participante del programa se le asignó un mentor, quien comenzó su intervención en la fase intermedia del proyecto, y cuya finalidad fue asesorar y transmitir sus experiencias y conocimientos en el mundo empresarial y de emprendimiento para afrontar con éxito cualquier dificultad. El contacto entre ambas partes se mantuvo, de manera regular, por medio de correo electrónico y videoconferencia. El mentor del presente trabajo ha sido un alto cargo de una empresa innovadora en negocios sostenibles y basados en economía circular de productos de alto valor bioactivo, que incluye la explotación de granjas de producción de insectos.

Tabla 2. Herramientas utilizadas en cada etapa del Programa UAM-Emprende	
ETAPA	HERRAMIENTAS
Usuario y Propuesta de valor	<ul style="list-style-type: none"> – Plantilla <i>User Persona</i> – Plantilla Canvas Mapa de Empatía – Plantilla <i>Customer Journey</i> – Diagrama de Venn – Plantilla Canvas Propuesta de Valor
Modelo de negocio	<ul style="list-style-type: none"> – Plantilla Canvas Propuesta de Valor – Plantilla Canvas Modelo de Negocio
Marketing y mercado	<ul style="list-style-type: none"> – Frase de Marketing – Modelo BANT – Google – Google Trends – Google Forms
Material de ventas	<ul style="list-style-type: none"> – Microsoft PowerPoint

3.2.1. Identificación del usuario y propuesta de valor

La primera etapa, centrada en el usuario y en la propuesta de valor, se encuentra comprendida entre la observación y la conceptualización (**Figura 4**). Se parte de un reto y se pretende llegar a una solución. En esta consecución, se pueden establecer cuatro periodos: descubrir, definir, desarrollar y entregar.



Figura 4. Ciclo de vida del proceso de innovación en el desarrollo de nuevos productos o servicios.

El periodo de descubrir se corresponde con un proceso de exploración, cuyo objetivo es identificar los problemas reales del usuario. Esta investigación puede ser cuantitativa o cualitativa; en el primer caso, se utilizan herramientas como encuestas y test de usuario online, y, en el segundo, se emplean entrevistas en profundidad y diarios de uso, entre otras. El periodo de definir comprende una fase de análisis, y su objetivo, como su propio nombre indica, es obtener una definición del problema. Para identificar y definir a nuestro usuario (cliente potencial) y el problema que presenta, el que pretende solucionar nuestro producto, se utilizaron las plantillas *User Persona* y *Canvas Mapa de Empatía*. Asimismo, para obtener una visión mucho más amplia y detallada de todo este proceso, se empleó la plantilla *Customer Journey*.

Tras trabajar en el cliente y sus necesidades o problemas, el siguiente paso se corresponde con el periodo de desarrollo, donde se generan ideas para aportar soluciones, coincidiendo, por tanto, con la etapa de ideación de la **Figura 4**, cuyo objetivo es descubrir las distintas maneras que existen para resolver los retos. La selección de las mejores ideas y su escalado concuerda con el cuarto y último periodo, denominado entregar. Para ello, existen diferentes herramientas, entre las que se encuentra el *Diagrama de Venn*, que se utilizó en el presente trabajo y el cual interrelaciona la capacidad de resolver el problema, la viabilidad y la capacidad de escalado, coincidiendo esta última con la etapa final (expansión) del ciclo de vida de un nuevo producto (**Figura 4**).

3.2.2. Creación de un modelo de negocio

Como herramienta para la creación de un nuevo modelo de negocio se empleó la plantilla *Canvas Propuesta de Valor*, que permite enlazar las necesidades, objetivos y frustraciones del cliente con la propuesta de valor planteada y la situación de mercado, analizando así el encaje producto-cliente y producto-mercado.

Asimismo, se utilizó una nueva plantilla denominada *Canvas Modelo de Negocio*, la cual trata los aspectos relacionados con el producto o servicio y su vínculo con el cliente potencial.

3.2.3. Herramientas de marketing y mercado

De forma general, el propósito principal del marketing es que la empresa prospere, siendo importante para ello establecer un mensaje de marketing. Éste, a diferencia de la propuesta de valor, que es un concepto demasiado amplio, busca asentarse en la mente del cliente con un mensaje claro y conciso. Para crearlo, es necesario saber cuál es el producto o servicio, quién

es el cliente potencial y el beneficio principal que le aporta el producto o servicio; aspectos que se analizaron según las herramientas descritas en los apartados anteriores.

Es importante destacar que existen dos tipos bien diferenciados de marketing, según quién es el usuario o cliente potencial: el que se conoce como marketing B2B (*business to business*), en el que el producto o servicio que se desea vender va dirigido a empresas, y el marketing denominado B2C (*business to consumer*), en el cual, dichos productos o servicios van dirigidos a particulares. Por tanto, en primer lugar, se estableció qué tipo de marketing correspondería al producto planteado en el presente trabajo.

Posteriormente se siguió el modelo BANT, acrónimo de *Budget, Authority, Need y Timeframe*, que es una herramienta útil para identificar un buen cliente potencial, pues permite definir si el cliente al que nos dirigimos tiene presupuesto, autoridad para decidir la compra, las necesidades o problemas que presenta y el plazo que se le otorga para tomar una decisión.

Por último, para realizar un análisis de mercado se identificó y estudió cuestiones vinculadas a la competencia utilizando aplicaciones como LinkedIn, Google Alert o Similarweb; se utilizó la plataforma de Google Trends para evaluar las tendencias de mercado del producto en diferentes países; y se realizó una encuesta mediante Google Forms para conocer la aceptación del producto por parte del consumidor final. La encuesta se difundió por diferentes plataformas y redes sociales, y los resultados se clasificaron según sexo y edad de cada persona encuestada.

3.2.4. Elaboración del material de ventas

El material de ventas se elaboró a través de una presentación PowerPoint, contando con la ayuda del mentor y siguiendo las recomendaciones recibidas en las sesiones del Programa UAM-Emprende. Se preparó una presentación centrada en el público objetivo, buscando conectar de manera emocional e intelectual, y procurando que fuese interesante en sí misma. La presentación se apoyó en imágenes, limitando el texto, y cada diapositiva representó una idea, seleccionando aquellas que ayudaban a explicar mejor el mensaje. Entre la información que se incluyó en dicha presentación se encuentra cómo se gestó la idea, las razones por las que el equipo de investigación es idóneo para llevar a cabo el desarrollo del producto, la descripción del producto, los resultados disponibles en la actualidad, quiénes son los clientes potenciales, la estrategia comercial y de marketing, las expectativas futuras, así como los modelos de ingresos y gastos.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Rendimiento del desgrasado

Las diferentes cinéticas de desgrasado que se llevaron a cabo mediante SFE-CO₂ y sus respectivos rendimientos se muestran en la **Figura 5** y en la **Tabla 3**.

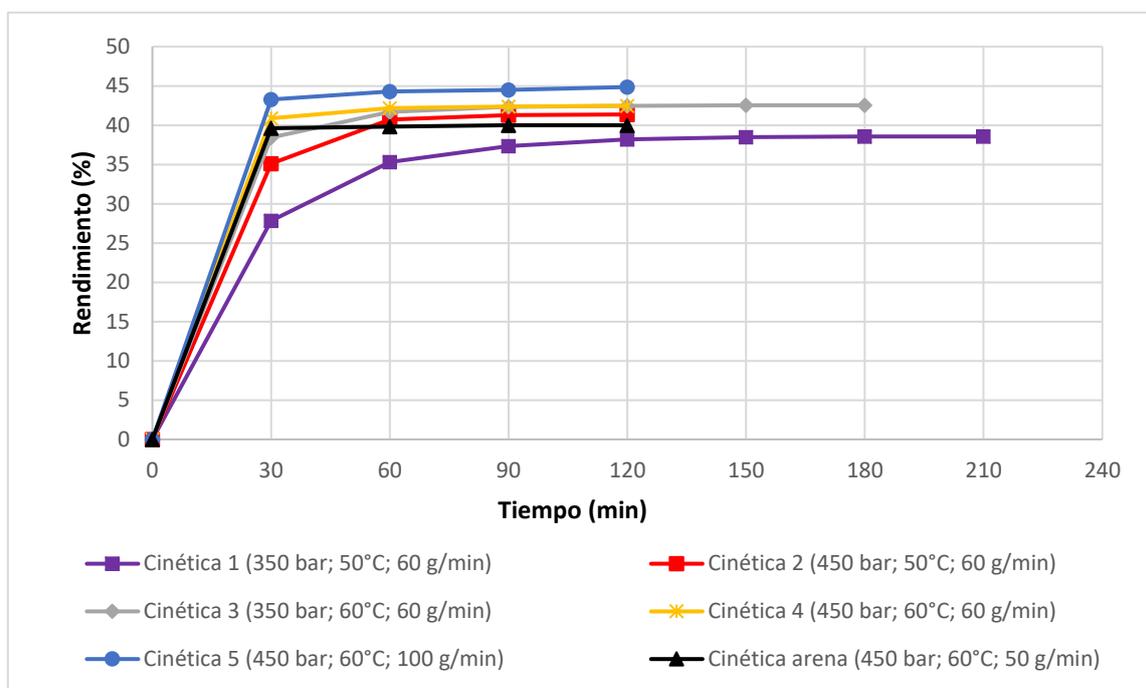


Figura 5. Cinéticas de rendimientos de desgrasado de *H. illucens*, mediante SFE-CO₂.

Tabla 3. Rendimiento (%) de las diferentes cinéticas de desgrasado de la harina de *H. illucens* mediante SFE-CO₂

	Condiciones de desgrasado			Tiempo (min)	Rendimiento (%)
	Presión (bar)	Temperatura (°C)	Caudal CO ₂ (g/min)		
Cinética 1	350	50	60	120	38.56
Cinética 2	450	50	60	120	41.37
Cinética 3	350	60	60	120	42.54
Cinética 4	450	60	60	120	42.48
Cinética 5	450	60	100	120	44.86

Al comparar los resultados obtenidos en las diferentes cinéticas del desgrasado mediante SFE-CO₂, se observó que el incremento de la temperatura, presión y caudal de CO₂ afectó de forma positiva.

A presión constante, el incremento de temperatura mejoró en todos los casos la velocidad de extracción, tal y como se observa en la **Figura 5**. Este fenómeno se atribuye a la influencia de la temperatura sobre la presión de vapor de las sustancias extraídas (Purschke y col., 2017). A presiones por encima del punto de inversión de la solubilidad, con el aumento de la temperatura prevalece el efecto del aumento de la presión de vapor del soluto frente a la disminución de la densidad del CO₂, traduciéndose en un aumento del rendimiento de extracción. Este fenómeno también fue observado por Purschke y col. (2017), Roy y col. (2006) y Leo y col. (2005).

A temperatura constante, para 50°C (cinéticas 1 y 2), el rendimiento se vio favorecido por el incremento de la presión, lo que pudo deberse a un aumento de la densidad del disolvente y, por consiguiente, una mayor solubilidad de la grasa en el CO₂ (Roy y col., 2006; Leo y col., 2005); hecho que no se observó a 60°C (cinéticas 3 y 4). El aumento del caudal de CO₂, llevado a cabo en la cinética 5, a iguales condiciones de presión y temperatura que la cinética 4, aumentó un 2% el rendimiento, a igual tiempo de extracción.

Con el fin de analizar la posibilidad de canalización del flujo de CO₂ en el lecho empacado, se realizó un desgrasado de la muestra mezclada con arena. La mezcla se preparó con 50 g de harina de *H. illucens* y la cantidad de arena necesaria para rellenar la celda de extracción, asegurando una correcta homogenización. El desgrasado se realizó a 450 bares, 60°C y un caudal de CO₂ de 50 g/min, de manera que se mantuvo la misma relación material extraído/caudal de CO₂ que en la cinética 5. El rendimiento conseguido fue del mismo orden que el de la cinética 5 (**Figura 5**), demostrando que el CO₂ no tomó caminos preferenciales en las extracciones sin arena.

Así, se concluye que la cinética 5 (desgrasado a 450 bares, 60°C, y caudal de CO₂ de 100 g/min) mostró los mejores resultados (44.86%) y, por consiguiente, el desgrasado de las muestras previo a la obtención de extractos mediante SFE se realizó en dichas condiciones.

El rendimiento obtenido por el método de desgrasado tradicional, utilizando hexano como disolvente, fue del 47.3% ± 0.6% (expresado este valor como media ± desviación estándar, siendo n=4). Este dato fue proporcionado por el grupo de investigación con el fin de establecer una comparativa entre ambos métodos, y es ligeramente superior al desgrasado obtenido en las mejores condiciones de SFE (cinética 5, 44.86%).

Hasta la fecha, el desgrasado de los insectos se ha realizado, fundamentalmente, empleando los métodos tradicionales (Son y col., 2020; Zhao y col., 2016; Elemo y col., 2011), basados en el desgrasado de alimentos vegetales. El desgrasado mediante SFE-CO₂ ha sido descrito

ampliamente para muestras vegetales (Kitryté y col., 2020; Solaesa y col., 2019; Cavalcanti y col., 2016), sin embargo, para matrices de insectos, esta técnica parece limitarse a los trabajos realizados por Kim y col., 2019; Laroche y col., 2019; Sipponen y col., 2018; Purschke y col., 2017; Tang y Dai, 2016; y al presente trabajo.

Kim y col. (2019) también demostraron un aumento del rendimiento en el desgrasado de *H. illucens*, empleando la técnica SFE, con el incremento de presión, obteniendo un rendimiento del 36% a una presión de 350 bares y una temperatura de 35°C. Firmansyah y Abduh (2019) emplearon el método Soxhlet, utilizando hexano como disolvente, para desgrasar una muestra de *H. illucens* en estado larvario. Obtuvieron un rendimiento del 35.5%, siendo éste menor que cualquier rendimiento conseguido en los métodos descritos en el presente trabajo.

En cuanto a otras especies de insectos, Purschke y col. (2017) compararon el grado de desgrasado de ambas técnicas (SLE con hexano y SFE-CO₂), en este caso para *T. molitor*; y, aunque la técnica tradicional con hexano fue ligeramente mayor, las dos obtuvieron resultados muy similares, tal y como se observó en el presente trabajo para *H. illucens*.

Por tanto, el desgrasado mediante SFE-CO₂ podría ser una excelente alternativa a los métodos de desgrasado tradicionales, ya que, además de ser un método respetuoso con el medio ambiente, ha demostrado conseguir buenos rendimientos, siendo éstos muy cercanos e incluso superiores a los obtenidos por métodos tradicionales, medioambientalmente más contaminantes y menos sostenibles.

Finalmente, para ilustrar los productos obtenidos, en la **Tabla 4** se muestra la imagen de la muestra de partida, la harina desgrasada y la grasa extraída.

Tabla 4. Aspecto físico de la harina sin desgrasar, harina desgrasada y grasa extraída de <i>H. illucens</i> mediante SFE-CO₂.		
Harina sin desgrasar	Harina desgrasada	Grasa extraída
 		

4.2. Obtención de los extractos

La obtención de los extractos bioactivos se realizó según lo explicado en el apartado 3.1.3. La extracción mediante SFE-CO₂ se efectuó inmediatamente después de realizar el desgrasado, en las condiciones de la cinética 5, como se ha indicado en el apartado anterior (**Tabla 3**). Las extracciones llevadas a cabo por UAE, previamente por el grupo de investigación, se realizaron por duplicado, mientras que en el caso de SFE-CO₂ se realizó una única extracción.

Los rendimientos obtenidos por las diferentes técnicas y condiciones de extracción se recogen en la **Tabla 5**.

SFE-CO ₂		UAE
Etanol 10%	Etanol 20%	Etanol 100%
1.19	2.88	3.32 ± 0.09*

*Resultado proporcionado por el grupo de investigación, expresado como media ± desviación estándar (n=2)

Debido a la baja polaridad del CO₂, la extracción mediante SFE-CO₂ presenta ciertas limitaciones a la hora de solubilizar compuestos polares, siendo necesario el empleo de un cosolvente, como el etanol, que ayude a aumentar el poder de solvatación para sustancias que muestran una alta polaridad (Pires y col., 2019), como es el caso de la mayoría de los compuestos bioactivos minoritarios.

Este hecho, explicaría el aumento en el rendimiento de SFE-CO₂ que se observó al incrementar la concentración de cosolvente (etanol).

Al establecer la comparativa, pareció observarse un mayor rendimiento para la técnica de UAE, en la cual se empleó etanol al 100% como disolvente, lo que permitiría, según lo explicado anteriormente, una mayor extracción de compuestos polares. Sin embargo, la diferencia entre ambas técnicas es pequeña, siendo comparables los rendimientos de extracción por UAE y SFE-CO₂ con 20% de cosolvente, lo que sitúa a la técnica SFE-CO₂ como una alternativa prometedora en la obtención de extractos bioactivos del insecto *H. illucens*, pues reduciría el uso de disolventes orgánicos, más tóxicos, peligrosos y contaminantes que el CO₂; utilizando en la SFE-CO₂ con 20% de etanol 32 veces menos de etanol que en el caso de UAE.

En general, los rendimientos obtenidos no fueron muy elevados. Esto puede deberse, como se observó en el trabajo de Marín (2019), al desgrasado previo de las muestras, ya que cuando en dicho trabajo realizaron la obtención de los extractos de las muestras sin desgrasar, los

disolventes empleados en la extracción, como el etanol, podrían también extraer compuestos más apolares, como los lípidos, traducándose en rendimientos de extractos más altos.

En estudios futuros del grupo se pretende llevar a cabo la evaluación del potencial bioactivo de los extractos SFE obtenidos de *H. illucens*, ya que los extractos UAE utilizados como comparativa en este estudio han demostrado actividades biológicas de interés (Mohino, 2020), por lo que se prevén resultados comparables en el caso de los extractos SFE.

4.3. Potencial comercial de los extractos de insectos comestibles: Programa UAM-Emprende

Como ya se ha mencionado anteriormente, son varios los estudios que han demostrado actividades biológicas de los extractos obtenidos a partir de insectos comestibles (Navarro del Hierro y col., 2020; da Silva Lucas y col., 2020; Dutta y col., 2019; Seabrooks y Hu, 2017; Seo y col., 2017; Zielińska y col., 2017; Yoon y col., 2015; Musundire y col., 2014). Parece viable, en un futuro cercano, que surjan emprendimientos en el sector alimentario vinculados a la comercialización de productos elaborados u obtenidos a partir de insectos comestibles o sus extractos.

Hasta la fecha, en el Laboratorio de Extractos Naturales del CIAL, se han conseguido buenos rendimientos en el desgrasado y en la obtención de extractos bioactivos, a partir de insectos comestibles, aplicando diferentes técnicas (Navarro del Hierro y col., 2019; Marín, 2019), y demostrándose en el presente trabajo que la SFE-CO₂ representa una gran alternativa para ambos procedimientos. Además, el desgrasado previo permite obtener extractos más concentrados en sustancias bioactivas, por lo que se espera conseguir una mejora en la actividad biológica de los mismos en comparación con los extractos procedentes de matrices sin desgrasar, tal y como demostró previamente el grupo de investigación (Marín, 2019).

No obstante, para emprender la comercialización de productos elaborados a partir de insectos comestibles o de sus extractos, es necesario explorar la orientación y el interés del mercado europeo en esta nueva fuente alimentaria, tanto desde el punto de vista del consumidor como del sector empresarial.

Con el objetivo de abordar este análisis, dentro del Programa UAM-Emprende, se plantearon los siguientes posibles escenarios:

- a) Constituir una empresa, destinada tanto a I+D+i, como a la fabricación y comercialización de productos de tipo nutracéutico, dirigidos a los diferentes clientes potenciales, desde distribuidoras hasta el consumidor final.
- b) Crear una Empresa Basada en el Conocimiento (EBC) o *spin-off*, orientada a la I+D+i de productos nutracéuticos, poniendo su *know-how* a disposición de empresas interesadas en su producción y comercialización.
- c) Desarrollar una patente de extractos bioactivos de insectos comestibles, sobre la base de los conocimientos ya desarrollados en el grupo, con el fin de transferir dicha patente a alguna empresa interesada, dedicada al desarrollo y fabricación de nutracéuticos o productos similares.

De las tres opciones propuestas, la a) permite un mayor control, pero a su vez es la más costosa, pues se trata de crear una empresa con una estructura completa de producto, marketing, ventas, administración, etc. Para la opción c), es importante tener información de la rentabilidad de la inversión; en todo caso, podría ser siempre viable incluirla en cualquiera de los otros dos escenarios. La opción b) fue considerada la más viable dentro del contexto de un Organismo Público de Investigación (OPI), como son el CIAL y la UAM, pues permite seguir desarrollando el conocimiento generado en la UAM hasta el nivel de producto final, explotarlo, y obtener rendimientos económicos del proceso, ofrecer el producto sin necesidad de desarrollar y transferir patentes, con la posibilidad de ampliar considerablemente los clientes potenciales sin requerir que la empresa cuente con una estructura tan amplia y compleja, como la que debiera poseer en caso de emprender la opción a).

Por tanto, el trabajo realizado durante el Programa UAM-Emprende se efectuó en torno al escenario b), lo cual no quiere decir que el resto de opciones no pudieran ser reevaluadas en un futuro.

Además, en el contexto de la opción b) seleccionada, también se consideró la opción de actuar como servicio de asesoría o consultoría para toda empresa interesada, especialmente granjas de insectos, en temas referentes a la obtención de ingredientes de alto valor añadido a partir de insectos comestibles, independientemente del escenario anterior escogido.

Una vez seleccionado el escenario posible a estudiar, a continuación, se exponen las fases y los resultados obtenidos durante la participación en el Programa UAM-Emprende, plasmando los

conocimientos adquiridos y las herramientas utilizadas para abordar con éxito cada una de las etapas del proceso.

4.3.1. Usuario y propuesta de valor

El primer paso fue averiguar los problemas y necesidades de los usuarios, para desarrollar un producto que sea deseable, factible y viable económicamente. Es necesario encontrar la motivación que conduce a generar las ideas innovadoras y seleccionar las más relevantes, para desarrollar un producto o servicio comprendiendo las necesidades del usuario, las cuales se satisfacen, posteriormente, con la creación de una propuesta de valor. Esta última es entendida como un manifiesto breve y claro que permite comunicar la utilidad e importancia del producto para el cliente.

El usuario, cliente o parte interesada, dentro del objetivo de crear una EBC, se refiere a una empresa dedicada a la producción y comercialización de nutracéuticos.

La plantilla *User Persona* (**Figura 6**) se empleó para crear una “proto-persona” y así obtener una comprensión más profunda sobre la parte interesada. En él se recogieron los siguientes datos:

- El nombre del usuario o cliente potencial. En este caso, una empresa dedicada a la venta de nutracéuticos.
- Una descripción general, indicando la información más relevante que ayude a comprender el tipo de entidad. En este caso, se consideró la experiencia en la venta de productos nutracéuticos, los conocimientos en temas de salud y legislación, y el posible reconocimiento nacional e internacional, entre otras.
- Los objetivos, haciendo referencia a los aspectos que espera lograr la empresa para alcanzar el éxito, entre los que se incluyeron la rentabilidad económica, eficacia del producto y ser pioneros en la comercialización de nuevos productos.
- Sus actitudes, las cuales pueden definir sus preocupaciones y motivaciones. La capacidad de adaptación, liderazgo y actitud innovadora fueron consideradas básicas al tratarse de una empresa.
- Un apartado sobre posibles pensamientos de las personas que están al mando de la empresa, y/o de los trabajadores, especialmente aquellos pertenecientes al departamento de I+D+i, si la empresa contase con él, cuando realizan su trabajo o encuentran alguna dificultad.

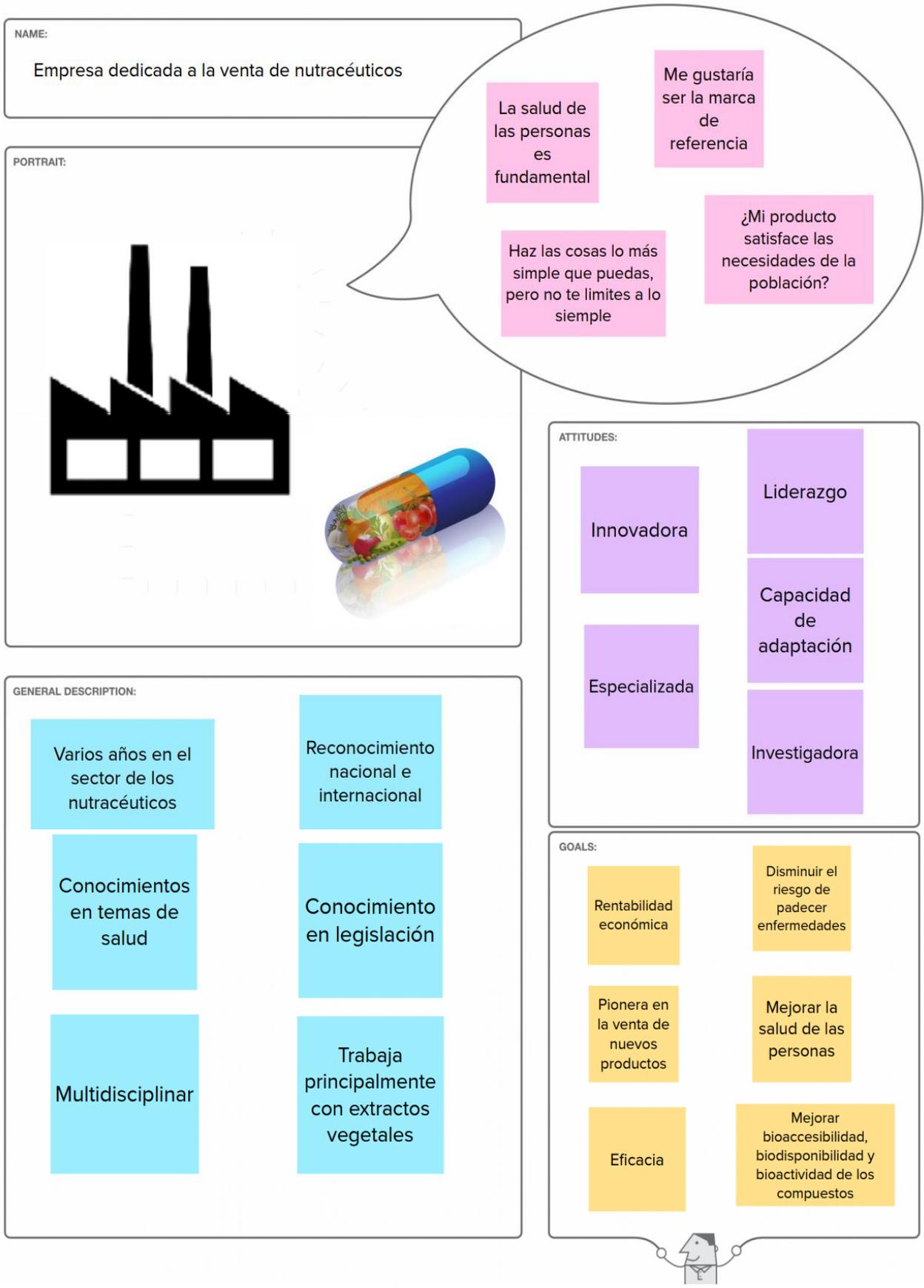


Figura 6. *Plantilla User Persona de una empresa dedicada a la venta de nutracéuticos.*

Con la plantilla *Canvas Mapa de Empatía* (**Figura 7**) se reforzó la información del cliente potencial, recogiendo los siguientes datos:

- Lo que piensa y siente (*think and feel*), es decir, cuáles pueden ser sus mayores preocupaciones, obstáculos o necesidades. En este apartado, se indicó el deseo de que el producto sea eficaz, así como la incertidumbre de su aceptación en el mercado. También se incluyó la utilización de nuevas materias primas, en este caso insectos, como reflejo de la necesidad de innovación que muestran las empresas.
- La información que puede obtener a través de distintos canales, como medios de comunicación, páginas web y conversaciones de terceros (*hear*). Se incluyó el posible rechazo, por gran parte de la población, a consumir productos que contengan sustancias químicas sintéticas, y la necesidad de reducir el impacto medioambiental; temas que preocupan actualmente a la sociedad y que son tenidos en cuenta por las grandes empresas. Además, desde hace varios años, organismos como la OMS o la EFSA manifestaron la necesidad y los múltiples beneficios derivados del consumo de insectos, indicando que éstos son el alimento del futuro, hecho que obtuvo una importante repercusión en los medios.
- La visión que pueden tener de su entorno (*see*), prestando atención a las actuaciones que llevan a cabo empresas u otras entidades, especialmente las de la competencia, para prosperar y alcanzar el éxito. Dos aspectos que se tuvieron en cuenta y que han ganado interés en los últimos años en el sector empresarial fueron la innovación y el empleo de materia prima de calidad. La población demanda constantemente nuevos productos y servicios, otorgando cada vez más importancia a la calidad de éstos, y las grandes empresas se esfuerzan por complacer a sus clientes. También es sabido que existen muchos países donde se practica la entomofagia, con productos ya en el mercado elaborados u obtenidos a partir de insectos.
- Los desafíos a los que se puede enfrentar la empresa, sus preocupaciones, frustraciones o miedos (*pain*). La escasa investigación sobre los insectos deriva en el desconocimiento de su potencial por parte de la población en general, sobre todo en occidente, donde su consumo puede considerarse despreciable. Esto, junto con la escasa regulación legal existente hoy en día, puede resultar en una desconfianza en cuanto a la seguridad del producto, así como en un rechazo por parte de los consumidores.
- Las ventajas (*gain*) que les puede otorgar a las empresas interesadas la venta de un producto obtenido a partir de insectos comestibles. Se consideró, entre otras, el interés de los

consumidores por productos de origen natural, la rentabilidad y la contribución a reducir el impacto medio ambiental.

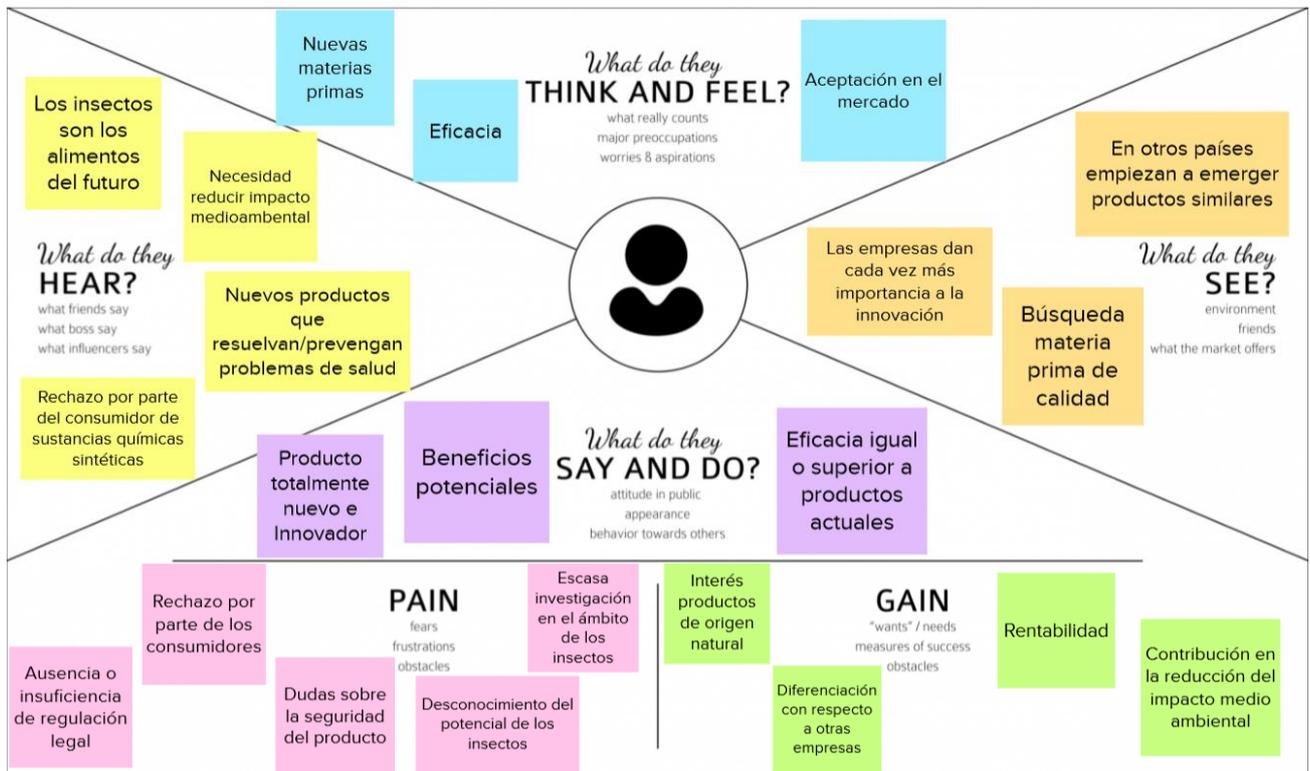


Figura 7. Plantilla Canvas Mapa de Empatía con una empresa de producción de nutracéuticos.

Por tanto, se definió como posible cliente potencial a una empresa dedicada a la venta de nutracéuticos, siendo la innovación, la rentabilidad y el éxito comercial algunas de sus principales necesidades o problemas a resolver. Con el desarrollo de un nuevo nutracéutico, elaborado a partir de extractos de insectos comestibles, la empresa pondría a la venta, por primera vez en el mercado nacional e incluso europeo, y luego de los correspondientes controles de calidad y seguridad, un producto para consumo humano obtenido a partir de insectos comestibles, de uso específico para la salud, económico, sostenible y de bajo impacto medioambiental. Todo esto forma parte de la propuesta de valor.

Con la plantilla *Customer Journey* (**Figura 8**), el análisis se dividió en 4 etapas, comprendidas entre la obtención de los extractos bioactivos hasta que el producto llega al consumidor final. La primera de ellas hace referencia a la investigación del grupo sobre sustancias con beneficios potenciales para la salud, presentes en los extractos de insectos comestibles, a los cuales se pretende dar una salida comercial mediante el diseño y desarrollo de un nutracéutico que los contenga.

		INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DEL PRODUCTO	EMPRESAS INTERESADAS EN SU PRODUCCIÓN	PUNTOS DE VENTA	CLIENTES
	Puntos de contacto o canales: web, tienda, etc.	Laboratorio Técnicas analíticas Materia prima Conocimientos científicos sobre alimentos	Materia prima Maquinaria Conocimiento proceso de fabricación Publicidad y Marketing Conocimientos de mercado Número de atención al cliente	Anuncios del producto Ofertas Clientes recurrentes Información sobre el producto	Interés por la salud Necesidad de mejorar la salud Interés por probar productos exóticos, diferentes Conocimiento de la existencia de productos destinados a mejorar la salud
		Artículos científicos Recomendaciones de la EFSA, FAO, OMS Redes sociales	Contacto con centros de investigación Revistas científicas Páginas web	Distribuidores Empresas de nutracéuticos y/o farmacéuticas Página web de empresas y comerciantes	Anuncios en redes sociales Blog de salud y/o alimentación Anuncios en las tiendas físicas (farmacias y parafarmacias) Página web de empresas y comerciantes
Thinking		Que existen sustancias bioactivas en los insectos que pueden mejorar la salud Si las sustancias realmente son efectivas en las personas Se debe potenciar el consumo de insectos con el fin de ayudar a acabar con el hambre en el mundo y disminuir la contaminación ambiental Dosis necesaria para obtener el efecto beneficioso Si el producto es seguro	Si va a tener buena aceptación en el mercado En qué formato se va a comercializar Cómo realizar una buena campaña de marketing y publicidad Si el proceso de elaboración es fácil Si el producto es rentable Con qué periodicidad se debe consumir A qué colectivo va dirigido el producto	Cómo dar a conocer el producto Qué tipo de ofertas se pueden realizar Cómo mantener a los clientes ya captados Cómo captar clientes	Si realmente necesitan el producto Si el producto va a ser eficaz Si tendrá un sabor/textura desagradable Si es económico Si es cómodo de tomar Si puede tener efectos secundarios
Feeling		Incertidumbre Esperanza Entusiasmo Orgullo	Excitado Ilusión Inseguridad Esperanza	Satisfacción Inseguridad	Ansioso Gratitud Alegría Incertidumbre
Emotions	Emocionado	Cuando obtienen los resultados esperados	Si el producto ha tenido una buena aceptación comercial y se generan más ganancias de las esperadas	Cuando las ventas son mayores de lo previsto	Cuando observa que el producto es eficaz
	Neutral	Cuando los resultados son similares a otros productos	Cuando el proceso de venta funciona correctamente	Cuando tienen una venta regular	Cuando no percibe con claridad la eficacia
	Frustrado	Cuando no se obtienen los resultados esperados	Si el producto no resulta rentable	Cuando las ventas son muy bajas	Cuando el producto no le proporciona ningún beneficio

Figura 8. Plantilla Customer Journey para un nuevo nutracéutico elaborado con extractos bioactivos de insectos comestibles.

Una vez obtenido el prototipo, habiendo superado con éxito las pruebas de eficacia y seguridad, éste se pondría a disposición de las empresas interesadas en su producción a nivel industrial (segunda etapa), quienes se encargarían de su comercialización a través de los puntos de venta, los cuales constituyen la tercera etapa, para llegar al consumidor final, quien representa el último eslabón del proceso (cuarta etapa).

En cada fase se incluyeron una serie de herramientas o hechos necesarios para que todo el proceso transcurra con éxito, desde la disposición de laboratorios para los investigadores hasta el deseo de probar productos exóticos por parte de los consumidores finales. También se mostraron diferentes canales, tanto para obtener como para transmitir información o para dar a conocer el producto en cada una de las etapas. Las revistas científicas, redes sociales, páginas web, blogs de salud y anuncios en tiendas físicas (farmacias y parafarmacias) fueron algunos ejemplos de posibles canales.

En esta plantilla, además de reflejar posibles pensamientos y sentimientos de las personas involucradas en cada etapa, se incluyeron situaciones en las que dichas personas pudieran mostrarse emocionadas, neutrales o frustradas.

Finalmente, gracias al análisis mediante el *Diagrama de Venn* (**Figura 9**) se pudo asegurar que el nutracéutico que se pretende desarrollar podría encontrarse en la intersección de tres aspectos claves de una propuesta de valor, pues se trata de un producto funcional innovador (resuelve un problema), económico (viable) y con capacidad de ser producido a nivel industrial (capacidad de escalado).

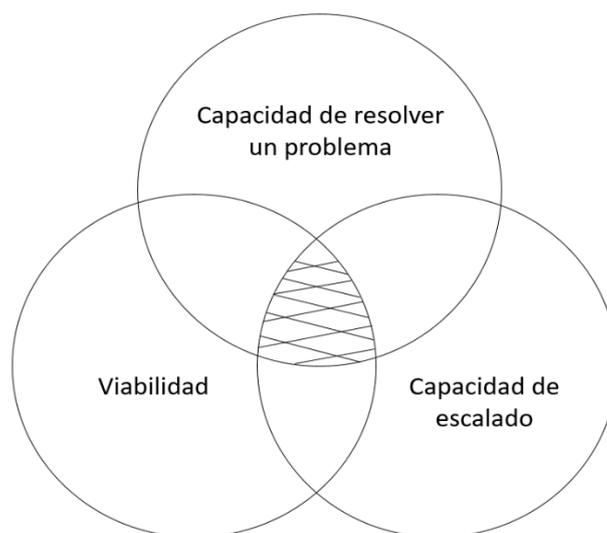


Figura 9. Diagrama de Venn

4.3.2. Modelo de negocio

Una vez definido completamente el cliente potencial y las etapas del proceso, se utilizó la plantilla *Canvas Propuesta de Valor* (**Figura 10**), que resume las características, beneficios y mitigaciones de la propuesta de valor de la innovación, así como el punto de vista del cliente designado como objetivo. De esta forma, los elementos situados a la “derecha” se ven reflejados a la “izquierda” y viceversa, lo que permite definir una solución que coincida con la propuesta de valor y las necesidades del cliente, logrando de este modo el ajuste del producto-mercado.

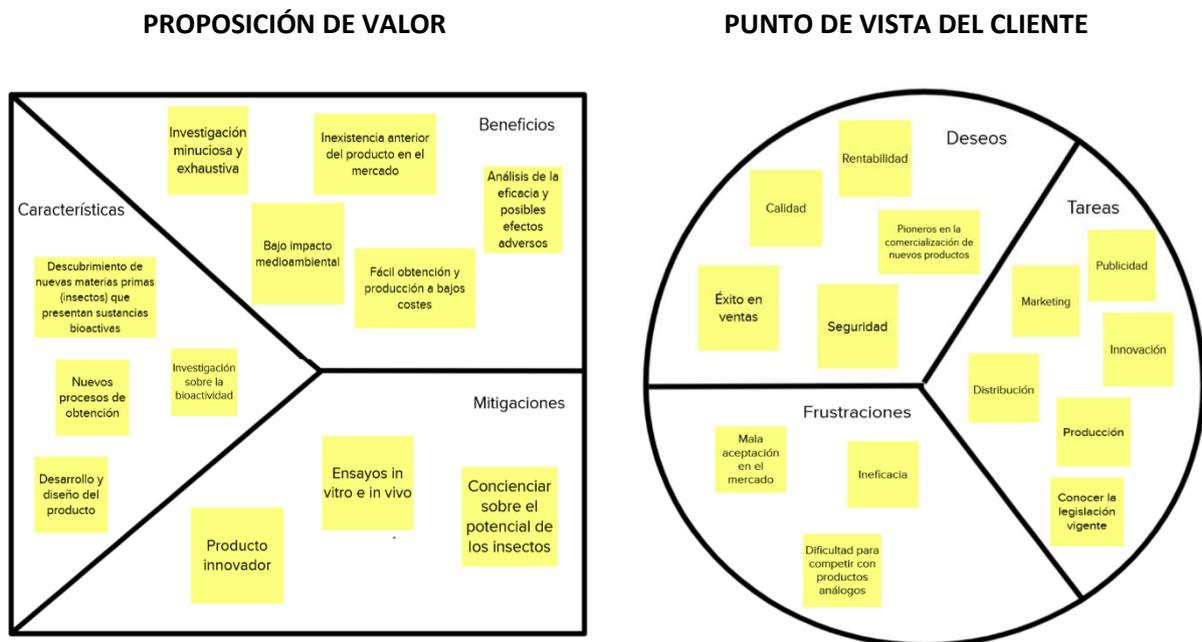


Figura 10. Plantilla Canvas Propuesta de Valor para el desarrollo de un nuevo nutracéutico con extractos bioactivos de insectos comestibles.

En la sección del punto de vista del cliente se recogieron los deseos, tareas y frustraciones pertenecientes al cliente potencial, es decir, a la empresa encargada de comercializar el nuevo nutracéutico, los cuales han sido indicados con anterioridad en las diferentes plantillas. A su vez, en la proposición de valor se incluyeron las características correspondientes al grupo de investigación, así como las mitigaciones y beneficios derivados de la elaboración del nuevo nutracéutico, correspondiéndose con las frustraciones y deseos del cliente potencial.

Al tratarse de una herramienta teórica, no garantiza la validación en el mercado, para lo cual deberían emplearse otras herramientas como la realización de hipótesis o entrevistas.

Para relacionar el producto nutracéutico con la empresa interesada en su comercialización se utilizó la plantilla *Canvas Modelo de Negocio* (**Figura 11**). Esta plantilla cuenta con 9 áreas, las que se interpretan en su conjunto y cuyos contenidos se exponen a continuación:

- El apartado de *Key Partners* hace referencia a las relaciones que el emprendedor, en este caso el Laboratorio de Extractos Naturales del CIAL, establece generalmente con terceros para poder centrarse en su actividad principal, optimizando las operaciones y reduciendo los riesgos. Por tanto, en este apartado se incluyeron las granjas de insectos, proveedores de materiales y expertos en relación a los requerimientos legales sobre análisis de eficacia, evaluación de toxicidad y caracterización analítica avanzada, para la producción de nutracéuticos.
- En *Key Activities* (actividades clave) se recogieron las acciones más importantes en la ejecución de la proposición de valor del producto, siendo algunas de ellas la obtención de los extractos, el estudio de la bioactividad y eficacia, así como la elaboración y diseño del nutracéutico.
- Los insectos fueron considerados el recurso clave (*Key Resources*), pues sin ellos no podría llevarse a cabo la investigación ni el desarrollo del nutracéutico.
- En el área de *Value Proposition* (proposición de valor) se recogió el conjunto de productos y servicios que el emprendedor ofrece al cliente potencial para satisfacer sus necesidades. Entre ellos, se incluyeron la innovación, la eficacia y rentabilidad, así como el propio nutracéutico.
- Para garantizar el éxito y la supervivencia de cualquier negocio, se debe identificar la relación existente entre la entidad que desarrolla un producto o servicio y los clientes potenciales. Así pues, en el apartado de *Customer Relationships*, se estableció la innovación, el interés por la salud y la disminución del impacto medioambiental como los principales aspectos que permiten mantener el vínculo entre el emprendedor y la empresa interesada en la producción del nuevo nutracéutico.
- Los canales (*channels*), a través de los cuales se puede entregar la propuesta de valor a los clientes, deben ser rápidos, eficientes y rentables. De este modo, se seleccionaron las ferias, congresos de difusión y divulgación, las revistas científicas, las redes sociales, así como el contacto directo entre el emprendedor y las empresas interesadas, como los canales adecuados para dar a conocer la investigación sobre los insectos comestibles y el nuevo nutracéutico, elaborado a partir de sus extractos bioactivos.

- A la hora de construir un modelo de negocio efectivo es importante identificar a todos los posibles clientes potenciales. Por ello, en la sección de *Customer Segments* se incluyeron las empresas dedicadas a la venta de nutracéuticos, así como aquellas interesadas en la venta de productos a base de insectos.
- El apartado *Cost Structure* describe las inversiones y costes necesarios para poder hacer entrega del producto y es uno de los apartados más importantes. Para proporcionar el nutracéutico a las empresas interesadas, el emprendedor debe emplear capital en equipamiento y recursos humanos, materias primas, investigación, diseño y desarrollo del nutracéutico. De igual modo, la captación de clientes es un factor de gran importancia, ya que la rentabilidad del negocio depende en gran medida de ello; si el coste de captar un cliente es superior a los beneficios obtenidos de la venta del producto, el negocio no sería rentable.
- Los medios por los que el emprendedor obtendría los ingresos se indican en el apartado *Revenue Streams*. La financiación pública mediante proyectos de investigación, la financiación privada mediante contratos de colaboración con empresas y la venta del nutracéutico, en función de los acuerdos alcanzados con la empresa productora, se consideraron las principales fuentes de ingreso.

La realización de esta plantilla, junto con la de *Canvas Propuesta de Valor* (**Figura 10**), permitió definir y documentar muchos aspectos sobre la innovación que se pretende llevar a cabo, con el objetivo de poder llegar al mercado y crear una nueva vía de negocio. Sin embargo, esta plantilla, al igual que la anterior (*Canvas Propuesta de Valor*), constituye una herramienta teórica que no permite garantizar su validación en el mercado.

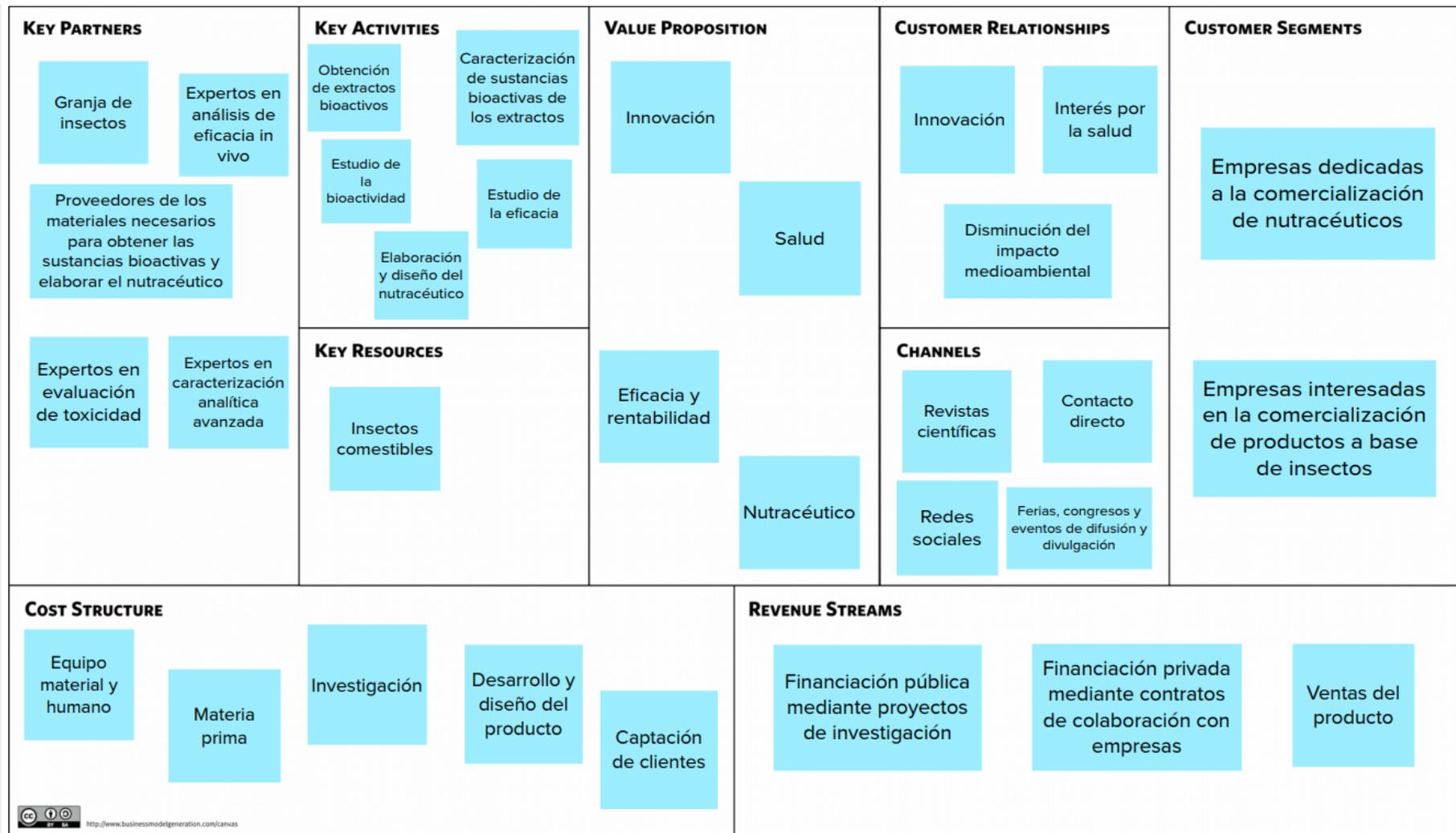


Figura 11. Plantilla Canvas Modelo de Negocio para un nuevo nutracéutico con extractos bioactivos de insectos comestibles.

4.3.3. Marketing y mercado

Como se ha podido observar, una empresa existe para responder a una necesidad o deseo de un usuario o cliente, y para ello, es necesario aplicar diferentes estrategias de marketing, como el diseño del producto, descuentos, publicidad, etc.

Debido a que el cliente potencial del grupo de investigación del Laboratorio de Extractos Naturales del CIAL se corresponde con una empresa, nos encontramos ante un marketing B2B.

Tener claro el mensaje de marketing es el primer paso para darse a conocer. Por tanto, se estableció la frase “*Insectos comestibles como fuente novedosa de compuestos para la salud*” como mensaje clave, ya que hace alusión a la salud, aspecto vinculado con las empresas dedicadas a la venta de nutraceuticos, así como a los insectos, los que representan una materia prima novedosa y exclusiva.

Siguiendo el modelo BANT, para entrar en contacto con una empresa objetivo, dedicada a la producción y venta de nutraceuticos, es necesario realizar un análisis previo sobre su presupuesto, averiguar quién es la persona encargada de tomar decisiones sobre nuevos productos, con la intención de poder contactar directamente con ella; conocer las necesidades o problemas que la empresa podría resolver con productos a base de insectos, así como establecer el plazo para que acepte o rechace la propuesta de comercializar el nuevo nutraceutico, elaborado a partir extractos bioactivos de insectos comestibles.

Además, en esta sección del Programa UAM-Emprende, también se adquirieron conocimientos sobre cómo debe llevarse a cabo un análisis rápido del mercado antes de sacar a la venta un nuevo producto, en este caso, un nutraceutico.

Al ponerlo en práctica, buscando información a través de Google, LinkedIn y páginas web de las propias empresas, se observó que la mayoría de las empresas dedicadas al desarrollo y fabricación de nutraceuticos pertenecen a la industria farmacéutica, aunque también existen laboratorios biotecnológicos que albergan dicha actividad. La mayoría de los nutraceuticos son obtenidos a partir de extractos vegetales y, en menor medida, de sustancias presentes en distintas especies marinas. No obstante, gracias a la plataforma B2B europea de Europages, se encontró una empresa situada en Corea del Sur que utiliza sustancias obtenidas a partir de insectos en la fabricación de nutraceuticos para animales.

Por otro lado, se buscó a través de Google Trends los temas “Nutraceutico” y “Nutraceutical” para averiguar el interés de estos términos a nivel mundial, en el último año, dentro de la

categoría de salud. Se obtuvieron resultados diferentes, por lo que se creyó conveniente reflejar ambas búsquedas.

Al introducir el término “Nutracéutico”, la plataforma proporcionó un gráfico (**Figura 12**) que refleja una tendencia creciente en el interés del término a lo largo del último año (desde mayo de 2019 a mayo de 2020), siendo el periodo comprendido entre el 10-16 de mayo, del presente año 2020, como aquel en el que se ha presentado el interés máximo a nivel mundial.

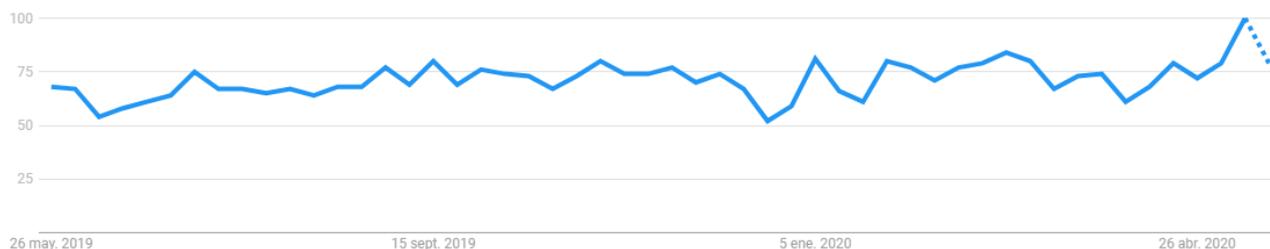


Figura 12. *Interés a lo largo del tiempo sobre el término "Nutracéutico" en el último año a nivel mundial.* Un valor de 100 indica la popularidad máxima de un término, mientras que 50 y 0 indican que un término es la mitad de popular en relación con el valor máximo o que no había suficientes datos del término, respectivamente.

A su vez, se obtuvo un resultado de 72 países, incluyendo tanto los que presentaban un volumen bajo de búsquedas, como aquellos que habían consultado el término con mayor frecuencia, ocupando Pakistán el primer puesto, seguido de Italia y Jamaica. España estaba situada en el trigésimo quinto puesto.

Nuestro país, en el último año, presentó dos periodos con el máximo interés, uno comprendido entre el 30 de junio y el 6 de julio de 2019 y el otro entre el 1-7 de marzo del presente año 2020. Las 5 Comunidades Autónomas que buscaron con mayor frecuencia dicho término, en orden descendente, fueron las siguientes: Cataluña, Andalucía, Comunidad Valencia, Comunidad de Madrid y Castilla y León.

Por otro lado, al introducir el término “Nutraceutical”, el periodo de tiempo que recogía su interés máximo a nivel mundial fue del 17 al 23 de mayo del presente año 2020 (**Figura 13**).

En este caso, se obtuvo un resultado de 41 países, incluyendo tanto los que presentaban un volumen bajo de búsquedas, como aquellos que habían consultado el término con mayor frecuencia, con Pakistán, de nuevo, en el primer puesto, seguido de India y China. España ocupaba el vigésimo séptimo puesto.

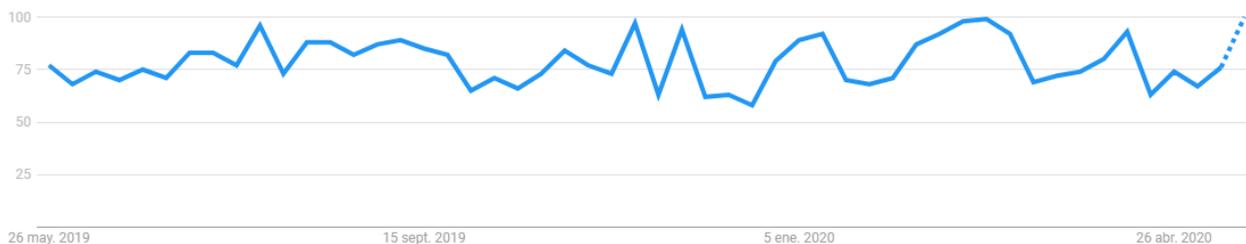


Figura 13. Interés a lo largo del tiempo sobre el término "Nutraceutical" en el último año a nivel mundial. Un valor de 100 indica la popularidad máxima de un término, mientras que 50 y 0 indican que un término es la mitad de popular en relación con el valor máximo o que no había suficientes datos del término, respectivamente.

El mayor registro de búsquedas realizado en el último año en nuestro país, sobre el término “Nutraceutical”, fue entre el 9 y 15 de junio de 2019. La Comunidad de Madrid fue la única registrada, lo que significa que no se obtuvieron suficientes datos del resto de Comunidades Autónomas, siendo, de este modo, la que mostró un mayor interés por dicho término.

Por tanto, el interés por los nutracéuticos parece ir en aumento, y España podría convertirse en un país de referencia mediante el desarrollo y producción de nuevos nutracéuticos elaborados a partir de extractos de insectos comestibles.

Por otro lado, se realizó una encuesta a través de Google Forms, con la que se quiso averiguar la aceptación, por parte de los consumidores, de productos que contuviesen sustancias beneficiosas para la salud procedentes de insectos comestibles, estando dirigida a la población general y donde la principal cuestión que se planteó fue: “¿Estarías dispuesto a consumir un producto que contuviese sustancias beneficiosas para la salud obtenidas a partir de insectos comestibles?”.

Participaron un total de 454 personas, siendo un 61.9% mujeres y un 38.1% hombres (**Figura 14**). La edad de los participantes estuvo comprendida entre los 13 y 73 años, y la participación, por rangos de edad, se encuentra reflejada en la **Figura 15**. La edad de más de la mitad de los encuestados (52.4%) estuvo comprendida entre 20 y 29 años.

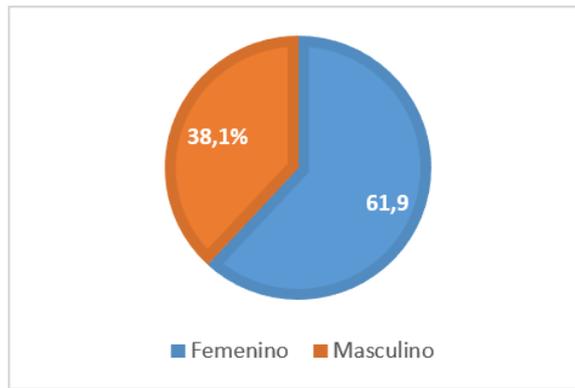


Figura 14. Porcentaje de participación según sexo.

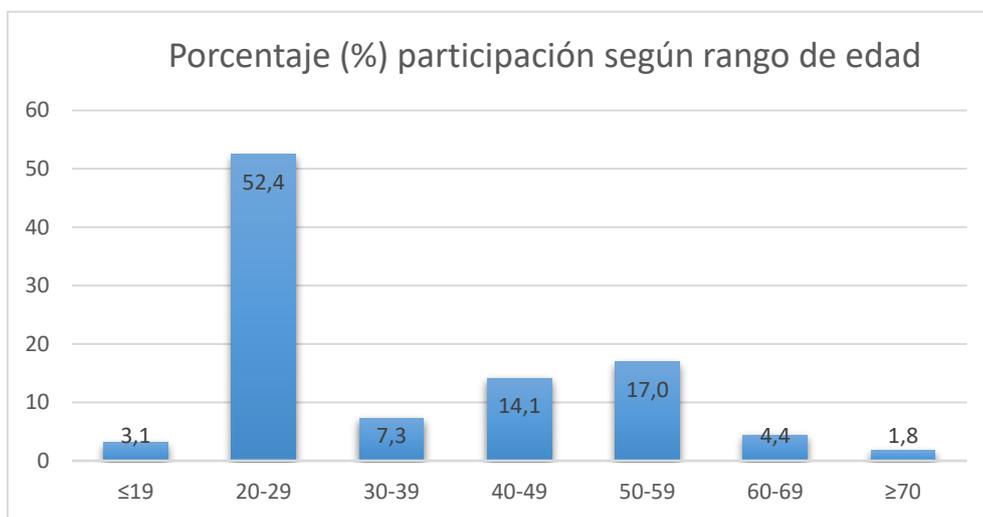


Figura 15. Porcentaje de participación según rango de edad.

En general, un 72% de los participantes estarían dispuestos a consumir un producto con sustancias beneficiosas para la salud procedentes de insectos comestibles (**Figura 16**).

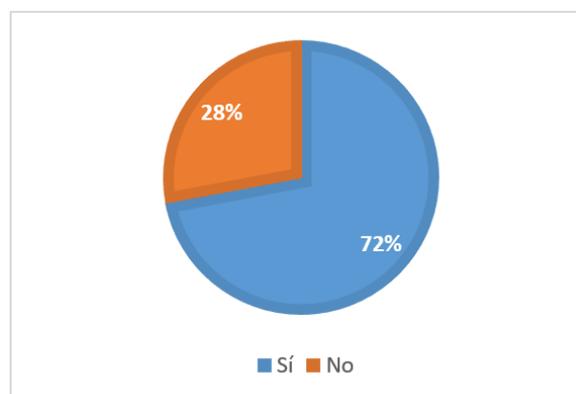


Figura 16. Porcentaje de personas dispuestas a consumir un producto que contuviese sustancias beneficiosas para la salud procedentes de insectos comestibles.

Se desglosó el porcentaje de personas que estarían dispuestas a consumir el producto, así como las que no, en función del sexo (**Figura 17**) y de los rangos de edad (**Figura 18**).

Por un lado, se observó que el género masculino estaría un 5% más dispuesto a consumir el producto que el género femenino. Sin embargo, esta diferencia es pequeña en comparación con los porcentajes de aceptación (>70%), mostrando por tanto, ambos sexos, una favorable predisposición al consumo de productos saludables derivados de insectos.

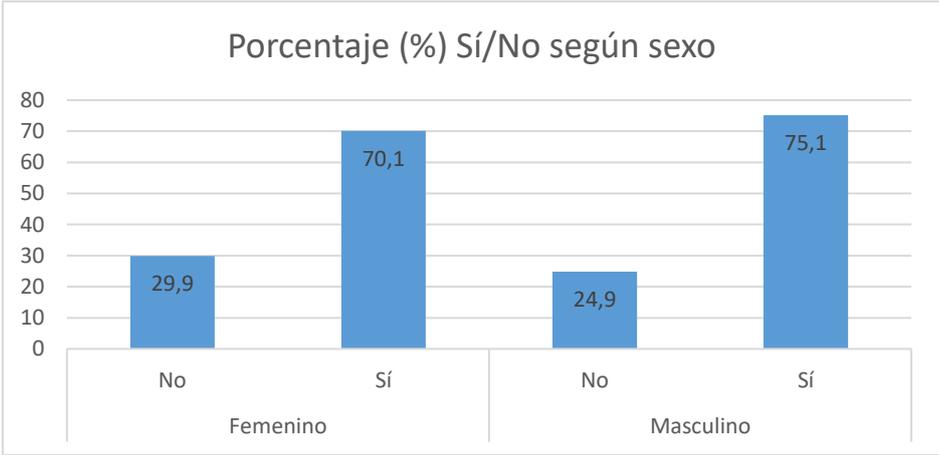


Figura 17. Porcentaje de votos sí/no según el sexo.

Por otro lado, las personas con una edad comprendida entre 30 y 39 años se mostraron más dispuestas a consumir el producto, seguidas de las personas de 70 años o más, y de las menores de 30 años. Aquellas cuya edad estuvo comprendida entre 40 y 69 años fueron las que mostraron una mayor probabilidad de rechazo hacia el producto.

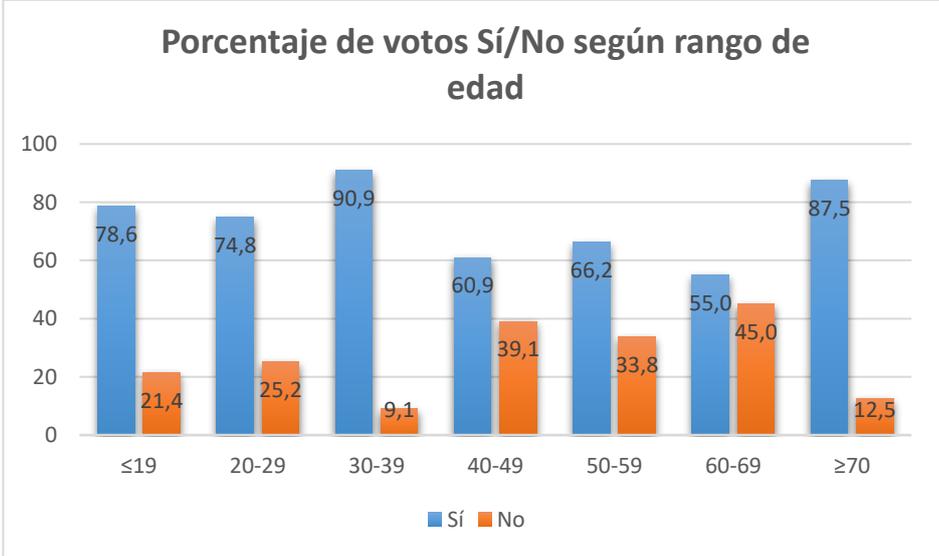


Figura 18. Porcentaje de votos sí/no según el rango de edad.

Estos resultados pueden deberse a que, tanto las personas que vivieron una época de hambruna, como aquellas que están creciendo en un entorno de constante innovación, estén más dispuestas a probar un producto que contenga compuestos para la salud procedentes de insectos comestibles, bien porque puedan otorgar un mayor valor a una ingesta de alimentos más saludables, o bien porque su entorno les despierte tal interés.

Por tanto, el 72% de votos favorables obtenido en la encuesta demuestra que, actualmente, una gran parte de la población estaría dispuesta a incluir sustancias procedentes de insectos comestibles en su alimentación. Aunque las tecnologías de la comunicación nos permiten informar y mantenernos informados de todos los nuevos hallazgos, son pocas las personas que conocen actualmente el potencial que presentan los insectos en el sector alimentario. Por ello, y teniendo en cuenta los resultados satisfactorios obtenidos en la encuesta, se piensa que, a la vez que se vayan descubriendo nuevas propiedades saludables vinculadas al consumo de insectos y que dichos conocimientos lleguen a la población, se alcanzará una aceptación generalizada por parte del consumidor europeo de los productos que contengan insectos, sus partes o sus extractos bioactivos.

4.3.4. Material de ventas

Esta última fase estuvo dedicada a la preparación del material de ventas, con el objetivo de que pueda ser utilizado, posteriormente, en reuniones comerciales.

El mentor, gracias a su experiencia empresarial y a su vínculo en el sector de los insectos, aportó sus conocimientos e ideas, aconsejando y ayudando en el desarrollo de este material.

Para elaborarlo, es importante tener en cuenta si el objetivo es una presentación comercial o una conferencia, así como conocer el público objetivo, si se trata de inversores, empresas B2B o clientes B2C, pues dependiendo de ello se debe poner mayor o menor énfasis en ciertas secciones. En este caso, el material de ventas preparado, que se presenta en el Anexo I, fue dirigido a inversores y clientes B2B.

Cabe señalar que dicho material se considera provisional, pues se debe actualizar conforme se obtenga información relevante y nuevos hallazgos que favorezcan la captación de clientes potenciales y/o inversores.

Se espera que, en un futuro no lejano, todo lo aprendido y realizado en el Programa UAM-Emprende sea útil para el completo desarrollo de productos novedosos de extractos bioactivos de insectos, que permitan sentar las bases de una EBC con capacidad de lograr la transferencia al sector productivo, el éxito comercial deseado, y la introducción en el mercado de la entomofagia para beneficio de la salud.

5. CONCLUSIONES

Las principales conclusiones que se pueden obtener del presente trabajo son las siguientes:

1. La tecnología de SFE-CO₂ puede considerarse una excelente alternativa a los métodos tradicionales, tanto en el desgrasado como en la obtención de extractos potencialmente bioactivos a partir de matrices de insectos.
2. El rendimiento de desgrasado mediante SFE-CO₂ aumenta con la presión, temperatura y caudal de CO₂; y el rendimiento en la obtención de extractos, después del desgrasado, aumenta con el incremento de cosolvente (etanol).
3. La obtención de los conocimientos básicos sobre emprendimiento y la utilización de las herramientas existentes nos permiten detectar, corregir y/o perfeccionar aquellas ideas o aspectos que tuvieran planteamientos mejorables o inadecuados, para asegurar el éxito comercial del producto.
4. El nutracéutico que se pretende desarrollar, a partir de extractos bioactivos obtenidos de insectos comestibles, cubre una necesidad actual y es una vía de innovación.
5. Actualmente, a pesar del desconocimiento de la población occidental sobre las propiedades de los insectos como alimentos, una gran parte de la población estaría dispuesta a consumir un producto procedente de insectos comestibles que contuviese sustancias beneficiosas para la salud.
6. Las conclusiones 4 y 5 reflejan el potencial comercial de productos alimentarios elaborados a partir de insectos o sus derivados en el mercado europeo.

6. BIBLIOGRAFÍA

- AECOSAN. (2018). 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. *Revista Del Comité Científico de La AESAN*, 27, 11–40.
- Albuquerque, C. L. C., Meireles, M. A. A. (2012). Defatting of annatto seeds using supercritical carbon dioxide as a pretreatment for the production of bixin: Experimental, modeling and economic evaluation of the process. *Journal of Supercritical Fluids*, 66, 86–95.
- Azmir, J., Zaidul, I. S. M., Rahman, M. M., Sharif, K. M., Mohamed, A., Sahena, F., Jaurul M. A. H., Ghafoor, K., Norulaini, N. A. N., Omar, A. K. M. (2013). Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: A review. *Journal of Food Engineering*, 117, 426–436.
- Barennes, H., Phimmasane, M., Rajaonarivo, C. (2015). Insect consumption to address undernutrition, a national survey on the prevalence of insect consumption among adults and vendors in Laos. *PLoS ONE*, 10, 1–16.
- Bessa, L. W., Pieterse, E., Sigge, G., Hoffman, L. C. (2017). Insects as human food; from farm to fork. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 0, 1-6.
- Bukkens, S.G.F. (2005). Insects in the human diet: nutritional aspects. En M.G. Paoletti, ed. *Ecological implications of minilivestock; role of rodents, frogs, snails, and insects for sustainable development*, 545–577. New Hampshire, Science Publishers.
- Calvo, M. V., Villanueva-Bermejo, D., Castro-Gómez, P., Fornari, T., Fontecha, J. (2020). Appraisal of the suitability of two-stage extraction process by combining compressed fluid technologies of polar lipid fractions from chia seed. *Food Research International*, 131, 109007.
- Cavalcanti, R. N., Albuquerque, C. L. C., Meireles, M. A. A. (2016). Supercritical CO₂ extraction of cupuassu butter from defatted seed residue: Experimental data, mathematical modeling and cost of manufacturing. *Food and Bioproducts Processing*, 97, 48–62.
- Chen, X., Feng, Y., Chen, Z. (2009). Common edible insects and their utilization in China: INVITED REVIEW. *Entomological Research*, 39, 299–303.
- Churchward-Venne, T. A., Pinckaers, P. J. M., van Loon, J. J. A., van Loon, L. J. C. (2017). Consideration of insects as a source of dietary protein for human consumption. *Nutrition Reviews*, 75, 1035–1045.
- da Silva Lucas, A. J., de Oliveira, L. M., da Rocha, M., Prentice, C. (2020). Edible insects: An alternative of nutritional, functional and bioactive compounds. *Food Chemistry*, 311, 126022.
- Dai, C., Ma, H., Luo, L., Yin, X. (2013). Angiotensin I-converting enzyme (ACE) inhibitory peptide derived from *Tenebrio molitor* (L.) larva protein hydrolysate. *European Food Research and Technology*, 236, 681–689.

- Dutta, P., Sahu, R. K., Dey, T., Lahkar, M. D., Manna, P., Kalita, J. (2019). Beneficial role of insect-derived bioactive components against inflammation and its associated complications (colitis and arthritis) and cancer. *Chemico-Biological Interactions*, 313, 108824.
- EFSA. (2015). Risk profile related to production and consumption of insects as food and feed. *EFSA Journal*, 13.
- Elemo, B. O., Elemo, G. N., Makinde, M., Erukainure, O. L. (2011). Chemical Evaluation of African Palm Weevil, *Rhychophorus phoenicis*, Larvae as a Food Source. *Journal of Insect Science*, 11, 1–6.
- Europages. Portal b2b- Directorio de empresas. Obtenido de <https://www.europages.es/> (Consultado el 26 de mayo de 2020).
- European Commission (2020). Summary of applications and notifications | Food Safety. Obtenido de https://ec.europa.eu/food/safety/novel_food/authorisations/summary-applications-and-notifications_en (Consultado el 14 de junio de 2020).
- Ewald, N., Vidakovic, A., Langeland, M., Kiessling, A., Sampels, S., Lalander, C. (2020). Fatty acid composition of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) – Possibilities and limitations for modification through diet. *Waste Management*, 102, 40–47.
- FAO. (2013). La contribución de los insectos a la seguridad alimentaria, los medios de vida y el medio ambiente. Obtenido de www.fao.org/forestry/edibleinsects/en/ (Consultado el 26 de marzo de 2020).
- Finke, M. D. (2013). Complete Nutrient Content of Four Species of Feeder Insects. *Zoo Biology*, 32, 27–36.
- Firmansyah, M., Abduh, M. Y. (2019). Production of protein hydrolysate containing antioxidant activity from *Hermetia illucens*. *Heliyon*, 5, e02005.
- Ghafoor, K., Park, J., Choi, Y. H. (2010). Optimization of supercritical fluid extraction of bioactive compounds from grape (*Vitis labrusca* B.) peel by using response surface methodology. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 11, 485–490.
- Giannetto, A., Oliva, S., Lanes, C. F. C., Pedron, F. de A., Savastano, D., Baviera, C., Parrino, V., Lo Paro, G., Spanò, N. C., Cappello, T., Maisano, M., Mauceri, A., Fasulo, S. (2020). *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) larvae and prepupae: Biomass production, fatty acid profile and expression of key genes involved in lipid metabolism. *Journal of Biotechnology*, 307, 44–54.
- Imathiu, S. (2020). Benefits and food safety concerns associated with consumption of edible insects. *NFS Journal*, 18, 1–11.
- IPIFF (2020). Publications – International Platform of Insects for Food and Feed, Brussels. Obtenido de <https://ipiff.org/publications-position-papers/> (Consultado el 14 de junio de 2020).

- Jiang, S. T., Niu, L. Y. (2011). Optimization and evaluation of wheat germ oil extracted by supercritical CO₂. *Grasas y Aceites*, 62, 181–189.
- Kim, S. W., Jung, T. S., Ha, Y. J., Gal, S. W., Noh, C. W., Kim, I. S., Lee, J. H., Yoo, J. H. (2019). Removal of fat from crushed black soldier fly larvae by carbon dioxide supercritical extraction. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 28, 83–88.
- Kitrytė, V., Laurinavičiene, A., Syrpas, M., Pukalskas, A., Venskutonis, P. R. (2020). Modeling and optimization of supercritical carbon dioxide extraction for isolation of valuable lipophilic constituents from elderberry (*Sambucus nigra* L.) pomace. *Journal of CO₂ Utilization*, 35, 225–235.
- Kris-Etherton, P. M., Hecker, K. D., Bonanome, A., Coval, S. M., Binkoski, A. E., Hilpert, K. F., Griel, A. E., Etherton, T. D. (2002). Bioactive compounds in foods: Their role in the prevention of cardiovascular disease and cancer. *American Journal of Medicine*, 113, 71–88.
- Laroche, M., Perreault, V., Marciniak, A., Gravel, A., Chamberland, J., Doyen, A. (2019). Comparison of conventional and sustainable lipid extraction methods for the production of oil and protein isolate from edible insect meal. *Foods*, 8, 572.
- Leo, L., Rescio, L., Ciurlia, L., Zacheo, G. (2005). Supercritical carbon dioxide extraction of oil and α -tocopherol from almond seeds. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85, 2167–2174.
- Liu, S., Sun, J., Yu, L., Zhang, C., Bi, J., Zhu, F., Qu, M., Yang, Q. (2012). Antioxidant activity and phenolic compounds of *Holotrichia parallela* Motschulsky extracts. *Food Chemistry*, 134, 1885–1891.
- Marín Jiménez, B. (2019). Evaluación de la bioactividad de distintos extractos del insecto comestible *Tenebrio molitor*. Trabajo Fin de Grado en Ciencias y Tecnología de los Alimentos. Universidad Autónoma de Madrid. Directora: Diana Martín.
- Mekko Graphics (2020). Edible Insect Market Growth. Obtenido de <https://www.mekkgraphics.com/edible-insect-market-growth/> (Consultado el 14 de junio de 2020).
- Mohino, N. Obtención y caracterización de extractos bioactivos del insecto comestible *Hermetia illucens*. Trabajo Fin de Grado en Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Universidad Autónoma de Madrid. Directora: Diana Martín.
- Musundire, R., Zvidzai, C. J., Chidewe, C., Samende, B. K., Manditsera, F. A. (2014). Nutrient and anti-nutrient composition of *Henicus whellani* (Orthoptera: Stenopelmatidae), an edible ground cricket, in south-eastern Zimbabwe. *International Journal of Tropical Insect Science*, 34, 223–231.
- Navarro del Hierro, J., Gutiérrez-Docio, A., Otero, P., Reglero, G., Martín, D. (2020). Characterization, antioxidant activity, and inhibitory effect on pancreatic lipase of extracts from the edible insects *Acheta domesticus* and *Tenebrio molitor*. *Food Chemistry*, 309, 125742.

- Nguyen, V. T., Pham, H. N. T., Bowyer, M. C., Van Altena, I. A., Scarlett, C. J. (2016). Influence of solvents and novel extraction methods on bioactive compounds and antioxidant capacity of *Phyllanthus amarus*. *Chemical Papers*, 70, 556–566.
- Pires, F. C. S., Silva, A. P. de S. e., Salazar, M. de los A. R., da Costa, W. A., da Costa, H. S. C., Lopes, A. S., Rogez, H., de Carvalho Junior, R. N. (2019). Determination of process parameters and bioactive properties of the murici pulp (*Byrsonima crassifolia*) extracts obtained by supercritical extraction. *Journal of Supercritical Fluids*, 146, 128–135.
- Purschke, B., Stegmann, T., Schreiner, M., Jäger, H. (2017). Pilot-scale supercritical CO₂ extraction of edible insect oil from *Tenebrio molitor* L. larvae – Influence of extraction conditions on kinetics, defatting performance and compositional properties. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 119, 1–12.
- Raheem, D., Raposo, A., Oluwole, O. B., Nieuwland, M., Saraiva, A., Carrascosa, C. (2019). Entomophagy: Nutritional, ecological, safety and legislation aspects. *Food Research International*, 126, 108672.
- Ramos-Bueno, R. P., González-Fernández, M. J., Sánchez-Muros-Lozano, M. J., García-Barroso, F., Guil-Guerrero, J. L. (2016). Fatty acid profiles and cholesterol content of seven insect species assessed by several extraction systems. *European Food Research and Technology*, 242, 1471–1477.
- Ramos-Elorduy, J., Pino, J. M., Prado, E. E., Perez, M. A., Otero, J. L., de Guevara, O. (1997). Nutritional value of edible insects from the state of Oaxaca, Mexico. *Journal of Food Composition and Analysis*, 10, 142–157.
- Reglamento (CE) n° 999/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de mayo de 2001, por el que se establecen disposiciones para la prevención, el control y la erradicación de determinadas encefalopatías espongiformes transmisibles. *Diario Oficial de las Comunidades Europeas* (2001); L147:1-40.
- Reglamento (UE) 2015/2283 del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de noviembre de 2015 relativo a los nuevos alimentos, por el que se modifica el Reglamento (UE) n° 1169/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo y el Reglamento (CE) n° 1852/2001 de la Comisión. *Diario Oficial de la Unión Europea* (2015); L327:1-22.
- Reglamento (UE) 2017/893 de la Comisión de 24 de mayo de 2017 que modifica los anexos I y IV del Reglamento (CE) n° 999/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo y los anexos X, XIV y XV del Reglamento (UE) n° 142/2011 de la Comisión por lo que se refiere a las disposiciones sobre proteína animal transformada. *Diario Oficial de la Unión Europea* (2017); L138:92-98.
- Ribeiro, J. C., Lima, R. C., Maia, M. R. G., Almeida, A. A., Fonseca, A. J. M., Cabrita, A. R. J., y Cunha, L. M. (2019). Impact of defatting freeze-dried edible crickets (*Acheta domesticus* and *Gryllobates sigillatus*) on the nutritive value, overall liking and sensory profile of cereal bars. *Lwt*, 113, 108335.

- Roy, B. C., Sasaki, M., Goto, M. (2006). Effect of temperature and pressure on the extraction yield of oil from sunflower seed with supercritical carbon dioxide. *Journal of Applied Sciences*, 6, 71–75.
- Rumpold, B. A., Schlüter, O. K. (2013). Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular Nutrition and Food Research*, 57, 802–823.
- Seabrooks, L., Hu, L. (2017). Insects: an underrepresented resource for the discovery of biologically active natural products. *Acta Pharmaceutica Sinica B*, 7, 409–426.
- Seo, M., Goo, T. W., Chung, M. Y., Baek, M., Hwang, J. S., Kim, M. A., Yun, E. Y. (2017). *Tenebrio molitor* larvae inhibit adipogenesis through AMPK and MAPKs signaling in 3T3-L1 adipocytes and obesity in high-fat diet-induced obese mice. *International Journal of Molecular Sciences*, 18.
- Singh, B., Singh, J. P., Singh, N., Kaur, A. (2017). Saponins in pulses and their health promoting activities: A review. *Food Chemistry*, 233, 540–549.
- Sipponen, M. H., Mäkinen, O. E., Rommi, K., Heiniö, R. L., Holopainen-Mantila, U., Hokkanen, S., Hokkanen, S., Hakala, T., Nordlund, E. (2018). Biochemical and sensory characteristics of the cricket and mealworm fractions from supercritical carbon dioxide extraction and air classification. *European Food Research and Technology*, 244, 19–29.
- Solaesa, Á. G., Villanueva, M., Beltrán, S., Ronda, F. (2019). Characterization of Quinoa Defatted by Supercritical Carbon Dioxide. Starch Enzymatic Susceptibility and Structural, Pasting and Thermal Properties. *Food and Bioprocess Technology*, 12, 1593–1602.
- Son, Y. J., Choi, S. Y., Hwang, I. K., Nho, C. W., Kim, S. H. (2020). Could defatted mealworm (*Tenebrio molitor*) and mealworm Oil be used as food ingredients?. *Foods*, 9, 1–13.
- Stamer, A. (2015). Insect proteins — a new source for animal feed. *Animal Feed Science and Technology*, 16, 676–680.
- Sun, M., Xu, X., Zhang, Q., Rui, X., Wu, J., Dong, M. (2018). Ultrasonic-assisted aqueous extraction and physicochemical characterization of oil from *clanis bilineata*. *Journal of Oleo Science*, 67, 151–165.
- Tang, Q., Dai, Y. (2016). Immunomodulatory effects of supercritical fluid CO₂ extracts from freeze-dried powder of *tenebrio molitor* larvae (Yellow mealworm). *Food Science and Technology*, 36, 493–498.
- Tzompa-Sosa, D. A., Yi, L., van Valenberg, H. J. F., van Boekel, M. A. J. S., Lakemond, C. M. M. (2014). Insect lipid profile: Aqueous versus organic solvent-based extraction methods. *Food Research International*, 62, 1087–1094.
- van Huis, A., Van Itterbeeck, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G., Vantomme, P. (2013). Edible insects. Future prospects for food and feed security. In *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, 171.

- Wang, L., Weller, C. L., Schlegel, V. L., Carr, T. P., Cuppett, S. L. (2008). Supercritical CO₂ extraction of lipids from grain sorghum dried distillers grains with solubles. *Bioresource Technology*, 99, 1373–1382.
- Wang, S. Y., Wu, L., Li, B., Zhang, D. (2019). Reproductive Potential and Nutritional Composition of *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) Prepupae Reared on Different Organic Wastes. *Journal of Economic Entomology*, 1–11.
- Womeni, H. M., Linder, M., Tiencheu, B., Mbiapo, F. T., Villeneuve, P., Fanni, J., Parmentier, M. (2009). Oils of insects and larvae consumed in Africa: Potential sources of polyunsaturated fatty acids. *OCL - Oleagineux Corps Gras Lipides*, 16, 230–235.
- Xiaoming, C., Ying, F., Hong, Z. (2010). Capítulo 6: Review of the nutritive value of edible insects. En: Forest insects as food: humans bite back. FAO Regional Office for Asia and the Pacific (Tailandia), 85-92.
- Yi, L., Lakemond, C. M. M., Sagis, L. M. C., Eisner-Schadler, V., van Huis, A., van Boekel, M. A. J. S. (2013). Extraction and characterisation of protein fractions from five insect species. *Food Chemistry*, 141, 3341–3348.
- Yoon, Y. I., Chung, M. Y., Hwang, J. S., Han, M. S., Goo, T. W., Yun, E. Y. (2015). *Allomyrina dichotoma* (arthropoda: Insecta) larvae confer resistance to obesity in mice fed a high-fat diet. *Nutrients*, 7, 1978–1991.
- Zhao, X., Vázquez-Gutiérrez, J. L., Johansson, D. P., Landberg, R., Langton, M. (2016). Yellow mealworm protein for food purposes - Extraction and functional properties. *PLoS ONE*, 11, 1–17.
- Zielińska, E., Karaś, M., Jakubczyk, A. (2017). Antioxidant activity of predigested protein obtained from a range of farmed edible insects. *International Journal of Food Science and Technology*, 52, 306–312.

7. ANEXOS



Los protagonistas del proyecto que pretende llevarse a cabo son los insectos comestibles, los cuales han demostrado poseer beneficios potenciales para la salud.



Éstos han sido considerados el alimento del futuro por organizaciones de reconocimiento mundial como la FAO, OMS y la EFSA, quienes pretenden fomentar su consumo con el objetivo de acabar con el hambre en el mundo. Los insectos, además de constituir una buenísima fuente proteica presentan compuestos minoritarios con beneficios para la salud; así pues, el Grupo de Investigación de Ingredientes Alimentarios Funcionales de la UAM, perteneciente al Instituto de Investigación en Ciencias de la Alimentación, cuenta con una gran trayectoria en la investigación sobre compuestos bioactivos de diferentes matrices alimentarias, y actualmente está involucrado en la obtención y caracterización de los extractos bioactivos de insectos comestibles.



- ✓ BÚSQUEDA DE FUENTES NATURALES Y NOVEDOSAS DE COMPUESTOS BIOACTIVOS
- ✓ EXISTENCIA ENTOMOMEDICINA
- ✓ RECOMENDACIONES DE ORGANISMOS (2013)
- ✓ AUTORIZACIÓN PARA ALIMENTACIÓN HUMANA (2018)



El origen de esta línea de investigación se encuentra en la búsqueda de nuevas fuentes naturales y novedosas ricas en compuestos bioactivos. En este sentido, sabíamos de la existencia de la entomomedicina o el uso terapéutico de los insectos, con lo cual había evidencias de que éstos podían ser fuentes novedosas de compuestos bioactivos y que estaban muy poco explorados. Esta inquietud por explorar lo insectos aumenta cuando en el año 2013 empieza a ser cada vez más notable la recomendación, por parte de distintos organismos, de incluir los insectos como parte de nuestra dieta. Pero el motor último que nos lanza a explorar finalmente los insectos como posibilidad real de producir ingredientes bioactivos, es la entrada en vigor, en 2018, de la normativa que autoriza y regula por primera vez a nivel europeo la producción de insectos para consumo humano.

De este modo, la industria alimentaria, la industria farmacéutica y de nutracéuticos y las granjas de insectos son sectores que podrían beneficiarse del uso de los insectos comestibles o sus extractos bioactivos.

EXTRACTOS BIOACTIVOS DE INSECTOS COMESTIBLES

- ✓ Beneficios para la salud
- ✓ Bajo coste
- ✓ Disminución impacto medioambiental

GRUPO UAM G064 + **CIAL**
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN
EN CIENCIAS DE LA ALIMENTACIÓN



La idea de utilizar sus extractos bioactivos como materia prima en la elaboración de distintos productos, radica en sus múltiples beneficios para la salud, su bajo coste y la contribución en la disminución del impacto medioambiental. El grupo de investigación junto con el CIAL cuenta con los conocimientos, laboratorios y maquinaria necesaria para la obtención y el estudio de estos extractos, así como para el diseño de un prototipo de producto, que tras superar diversas pruebas se pretende escalar a nivel industrial.

NUEVO NUTRACEÚTICO CON EXTRACTOS BIOACTIVOS DE INSECTOS COMESTIBLES



- ✓ Innovador
- ✓ Rentable
- ✓ 100% Natural
- ✓ Respetuoso con el medio ambiente

El objetivo principal del grupo de investigación es desarrollar un nuevo nutraceutico a partir de los extractos bioactivos obtenidos de insectos comestibles.

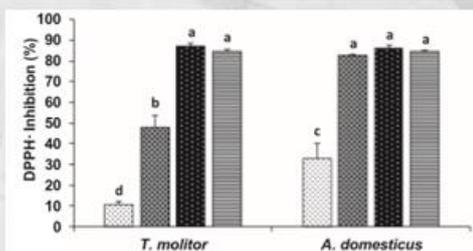
Se trata de un producto innovador (al tratarse de una materia prima nueva y al utilizar nuevos procedimientos de obtención), rentable, 100% natural y respetuoso con el medio ambiente (contribuyendo a disminuir el impacto medioambiental).

ACTUALIDAD

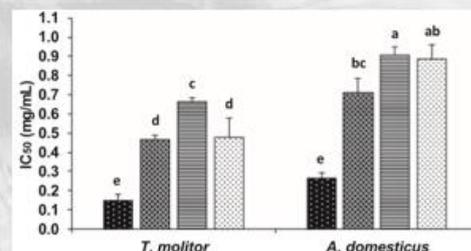
FASE EXPERIMENTAL



- OBTENCIÓN DE EXTRACTOS BIOACTIVOS DE INSECTOS COMESTIBLES
- ANÁLISIS DE BIOACTIVIDAD
- COMPARACIÓN ENTRE DIFERENTES TÉCNICAS



Capacidad antioxidante



Capacidad inhibitoria de una enzima digestiva

Nos encontramos en fase experimental. Hasta ahora hemos obtenido extractos de varias especies de insectos por distintos procedimientos, hemos analizado la bioactividad que presentan y hemos comparado diferentes técnicas entre sí para averiguar cuál es la que proporciona los mejores resultados, observándose una excelente capacidad antioxidante y de inhibición de una enzima digestiva.

Actualmente, estamos explorando otras especies de insectos, otras bioactividades y otras condiciones del proceso.

EMPRESAS DEDICADAS A LA VENTA DE NUTRACÉUTICOS

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

- EXPERIENCIA
- CONOCIMIENTOS EN SALUD Y LEGISLACIÓN
- EQUIPO MULTIDISCIPLINAR

MOTIVACIONES

- INNOVACIÓN
- RENTABILIDAD
- SOSTENIBILIDAD
- PRESTIGIO

Nuestro cliente potencial son las empresas dedicadas a la venta de nutraceuticos, ya que nosotros les proporcionaríamos el prototipo de producto.

Sus características principales serían la experiencia en dicho sector, conocimientos en salud y legislación, así como contar equipos multidisciplinares.

Las motivaciones que despertarían su interés en el producto serían que se trata de un producto innovador, rentable (económico), sostenible, y que les permitiría conseguir cierto prestigio al ser pioneros en poner en el mercado un producto totalmente nuevo a partir de insectos comestibles.

CANALES



INSECTOS COMESTIBLES COMO FUENTE NOVEDOSA DE COMPUESTOS PARA LA SALUD

Entre los principales canales que se emplearían para llegar a nuestro público objetivo se encuentran: ferias, congresos y eventos de difusión y divulgación, revistas científicas y redes sociales.

El mensaje que utilizaríamos para llamar su atención sería el siguiente: "Insectos comestibles como fuente novedosa de compuestos para la salud".

PARA EL FUTURO...



Las intenciones futuras son claras, seguir innovando, y para ello se invertirá en la tecnología necesaria y se realizarán las mejoras que se consideren oportunas en el producto.

Si todo transcurre con éxito, se espera ampliar la plantilla de personal así como el catálogo de productos.

Mejorar
biodisponibilidad

Aumentar eficacia

Estudios *in vivo*



Nuevos formatos

Nuevos principios
bioactivos

Nuevos productos

Se seguirá investigando sobre mejoras en la biodisponibilidad de las sustancias bioactivas; se realizarán estudios *in vivo* con el objetivo principal de evaluar la eficacia y seguridad, así como también, de manera indirecta, la aceptabilidad del producto; se buscará aumentar dicha eficacia (en todo lo posible), diseñar nuevos formatos, descubrir y utilizar nuevos principios bioactivos, desarrollar nuevos productos...

GRUPO UAM G064



Nuestro objetivo es montar nuestra propia empresa (*EBC o spin-off*) y poner el nutracéutico a disposición de marcas o empresas dedicadas ya a la venta de dichos productos; sin descartar poder ser también proveedores de patente.

INGRESOS

- ✓ FINANCIACIÓN PÚBLICA
- ✓ FINANCIACIÓN PRIVADA
- ✓ VENTAS DEL PRODUCTO



Nuestras principales fuentes de ingreso serán la financiación pública mediante proyectos de investigación, la financiación privada mediante contratos de colaboración con empresas, y las ventas del producto.

GASTOS

- EQUIPO MATERIAL Y HUMANO
- MATERIA PRIMA
- INVESTIGACIÓN
- DESARROLLO Y DISEÑO DEL PRODUCTO
- CAPTACIÓN CLIENTES



MATERIA PRIMA

NUEVAS TECNOLOGÍAS DE EXTRACCIÓN AMIGABLES CON EL MEDIO AMBIENTE

Los gastos procedentes del equipo material y humano, materia prima, todo lo referente a la investigación, desarrollo y diseño del producto, y la captación de clientes, se verían disminuidos gracias al bajo coste de la materia prima y a la disminución del empleo de disolventes y la rápida obtención de los extractos al utilizar nuevas tecnologías de extracción, respetuosas con el medio ambiente.