

# Tendencias y claves en la innovación de nuevos alimentos basados en proteínas alternativas

 **Fundación  
General CSIC**



Cofinanciado por  
la Unión Europea

 Fondos Europeos



Comunidad  
de Madrid

Proyecto **envalor**

Red de Entidades de Enlace de la CM

COPYRIGHT FUNDACIÓN GENERAL CSIC, 2024. TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS



Cofinanciado por  
la Unión Europea



Comunidad  
de Madrid

## ENTIDADES DE ENLACE DE LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA DE LA COMUNIDAD DE MADRID

Actividad del Proyecto «Actuaciones de colaboración público-privada» de Ref.: OI2022-FGCSIC, concedido en la Convocatoria 2022 de ayudas para potenciar la innovación tecnológica e impulsar la transferencia de tecnología al sector productivo comprendido en las prioridades de la Estrategia Regional de Especialización Inteligente (S3) de la Comunidad de Madrid a través de entidades de enlace de la innovación tecnológica, cofinanciado en un 30% por la Comunidad de Madrid y en otro 20% por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional en el marco del Programa Operativo FEDER 2021-2027



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>RESUMEN EJECUTIVO</b> .....	4
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	7
<b>PRINCIPALES CONCLUSIONES</b> .....	12
<b>TIPOLOGÍA DE NUEVOS ALIMENTOS</b> .....	16
<b>ESTADO DE MADURACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS</b> .....	21
<b>TAMAÑO DE MERCADO</b> .....	24
<b>1. NUEVOS ALIMENTOS PROTEICOS A PARTIR DE PLANTAS</b> .....	27
Resumen.....	28
Estado actual de desarrollo tecnológico.....	29
Entorno de la I+D.....	30
<b>2. NUEVOS ALIMENTOS PROTEICOS BASADOS EN FERMENTACIÓN</b> .....	50
Resumen.....	51
Estado actual de desarrollo tecnológico.....	52
Entorno de la I+D.....	55
<b>3. NUEVOS ALIMENTOS BASADOS EN CARNE CULTIVADA</b> .....	69
Resumen.....	70
Estado actual de desarrollo tecnológico.....	71
Entorno de la I+D.....	75
<b>4. NUEVOS ALIMENTOS BASADOS EN INSECTOS</b> .....	89
Resumen.....	90
Estado actual de desarrollo tecnológico.....	93
Entorno de la I+D.....	99
<b>5. PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN</b> .....	119
<b>6. VALORACIÓN DE LOS EXPERTOS</b> .....	123
<b>7. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	143

# RESUMEN EJECUTIVO

INTRODUCCIÓN

PRINCIPALES CONCLUSIONES

TIPOLOGÍA DE NUEVOS ALIMENTOS

ESTADO DE MADURACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS

TAMAÑO DE MERCADO

1. Nuevos alimentos proteicos a partir de plantas
2. Nuevos alimentos proteicos basados en fermentación
3. Nuevos alimentos basados en carne cultivada
4. Nuevos alimentos basados en insectos
5. Proyectos de investigación
6. Valoración de los expertos
7. Bibliografía

# Resumen ejecutivo

El mercado de nuevos alimentos está en el centro de una tendencia hacia un cambio significativo en los hábitos de alimentación debido a factores socioculturales, económicos, tecnológicos y ambientales. Estas tendencias reflejan cambios en las prioridades y comportamientos de los consumidores, y presentan desafíos y oportunidades para la industria agroalimentaria. El crecimiento de la población urbana, el envejecimiento poblacional y la mayor diversidad cultural están influyendo en los patrones de consumo, introduciendo una mayor diversidad en las dietas y nuevos hábitos alimentarios. Además, la creciente conciencia pública sobre el impacto ambiental de la producción y consumo de alimentos está impulsando la demanda de opciones más

sostenibles y respetuosas con el medioambiente y el bienestar animal. En este contexto, los consumidores buscan equilibrar sus deseos de mantener una dieta saludable con el disfrute de comidas que les brinden satisfacción sensorial o gastronómica, lo que ha generado una polarización en el mercado entre alimentos de especialidad *gourmet* y opciones de marca blanca más económicas.

La vida urbana y los horarios limitados han incrementado la demanda de soluciones alimentarias que ahorren tiempo, como comidas preparadas y servicios de entrega. Paralelamente, la seguridad y trazabilidad de los alimentos se han vuelto cada vez más cruciales para los consumidores, quie-

nes buscan garantías de que los productos que consumen sean seguros y producidos de manera ética. En este contexto, el presente informe ha focalizado su actividad en la vigilancia tecnológica y el análisis de datos de propiedad industrial y de mercado. El objetivo es conocer las capacidades científico-tecnológicas a nivel global, nacional y regional para el desarrollo de nuevos alimentos a partir de proteínas alternativas a las tradicionales. Estas innovaciones buscan cumplir con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), promoviendo la reducción del impacto ambiental, la sostenibilidad, la mejora de la salud pública y una redistribución ética de los recursos agroalimentarios.



El informe se centra sobre cuatro ámbitos principales detectados en torno a nuevos alimentos a base de proteínas alternativas, como son las basadas en diversas fuentes procedentes de plantas y vegetales o algas (en general, proteínas vegetales), desarrollados para tratar de imitar la textura, sabor y funcionalidad nutricional de las proteínas animales, ofreciendo una opción más sostenible y ética. Las principales innovaciones actuales en la producción de proteínas vegetales se focalizan en mejorar su calidad nutricional y sensorial, así como en desarrollar métodos de procesamiento más eficientes y sostenibles. A pesar de los avances, el sector enfrenta desafíos financieros y tecnológicos para alcanzar su pleno potencial y contribuir a un sistema alimentario global transformado y más sostenible.

Otro de los ámbitos tratados en el informe es el de los procesos de fermentación, con el foco en la fermentación de precisión, la cual muestra un importante potencial disruptivo, que está comenzando a ser adoptada para crear proteínas de origen animal y que se considera fundamental para la revolución de la cadena de valor de la industria cárnica. Sin embargo, todavía afronta altos costos y desafíos en la escalabilidad y eficiencia de los procesos.

La carne cultivada es otro de los apartados analizados en el informe y representa otra de las innovaciones revolucionarias que eliminan la necesidad de criar y sacrificar animales. Aunque aún enfrenta importantes desafíos en la imitación de la textura y el sabor de la carne tradicional, se espera que la tecnología permita su producción en masa en la próxima década. También se mencionan la carne híbrida como una alternativa mixta entre las fuentes vegetales y la carne tradicional o carne cultivada.

El cuarto de los ámbitos analizados se centra sobre alimentos basados en insectos, donde se resalta su potencial como una fuente de nutrición sostenible y eficiente. Los insectos comestibles, como grillos y gusanos, son ricos en proteínas, grasas saludables, vitaminas y minerales. Este tipo de alimentación ofrece beneficios significativos en términos de menor huella ambiental en comparación con las fuentes tradicionales de proteínas. Sin embargo, la producción de alimentos basados en insectos enfrenta varios desafíos tecnológicos, incluyendo la cría eficiente, el control de enfermedades y el procesamiento adecuado para hacerlos aceptables a los consumidores.

En cada uno de estos apartados se evalúa el estado de maduración de las tecnologías invo-

lucradas, la actividad de la propiedad industrial, el tamaño y crecimiento del mercado, la capacidad de movilización de fondos de inversión y la capacidad regional de ciencia e innovación. Finalmente, se presenta una visión de los retos de innovación y sus puntos críticos dentro de la cadena de producción. En el último apartado se detectan y analizan los principales proyectos europeos y nacionales desarrollados en torno a estas tecnologías.

Una de las conclusiones principales del informe es la anticipación de un mercado en pleno crecimiento, el cual podría representar más del 11 % del mercado global de proteínas animales para 2035. Las empresas que demuestren rentabilidad y presenten soluciones innovadoras estarán mejor posicionadas para atraer inversiones. Además, la colaboración entre múltiples actores será crucial para facilitar el flujo de capital hacia este sector.

La Comunidad de Madrid se muestra como un *hub* de atracción de innovación en estos ámbitos por su alta concentración de investigaciones con un sesgo importante hacia la ciencia y tecnología de alimentos, la nutrición y dietética y la biotecnología, todo lo cual refleja un fuerte enfoque en la calidad, salud y seguridad alimentaria.



RESUMEN EJECUTIVO

## INTRODUCCIÓN

PRINCIPALES CONCLUSIONES

TIPOLOGÍA DE NUEVOS ALIMENTOS

ESTADO DE MADURACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS

TAMAÑO DE MERCADO

1. Nuevos alimentos proteicos a partir de plantas
2. Nuevos alimentos proteicos basados en fermentación
3. Nuevos alimentos basados en carne cultivada
4. Nuevos alimentos basados en insectos
5. Proyectos de investigación
6. Valoración de los expertos
7. Bibliografía

# Introducción

Las nuevas fuentes de proteínas son fundamentales para afrontar el reto medioambiental que supone alimentar a una población creciente. Para satisfacer el aumento de la demanda, la producción actual de proteínas tendrá que duplicarse de aquí a 2050<sup>1</sup>, por lo que es vital encontrar fuentes de proteínas alternativas y sostenibles que puedan producirse económicamente en cantidades que satisfagan las crecientes necesidades de la industria alimentaria y de piensos.

El mercado de nuevos alimentos se encuentra en el centro de una tendencia hacia un cambio significativo en los hábitos de alimentación que están moldeando los comportamientos de los consumidores debido a una combinación de **factores socioculturales, económicos, tecnológicos y ambientales**. Estas tendencias reflejan cambios en las prioridades y preocupaciones de los consumidores, así como en sus estilos de vida, influidos, entre otros, por los seis factores mencionados en la infografía anterior:

## Seis tendencias clave están moldeando actualmente el comportamiento en el consumo de alimentos



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de De Belvis y Pettenò (2022).

## 1. Cambios demográficos y mayor diversidad en las dietas



- Dinámica demográfica global: El envejecimiento poblacional, la expansión urbana y la diversidad cultural incrementan la variedad en los patrones de consumo alimentario.

- Diversificación de dietas: La globalización y migración fomentan la adopción de nuevas costumbres alimentarias y la preferencia por dietas que reflejan una mezcla de culturas y valores nutricionales.

**Cambios demográficos y mayor diversidad en las dietas:** Los importantes cambios demográficos que se están produciendo en la sociedad a nivel global, como son el envejecimiento poblacional (Informe FGCSIC «Entornos inteligentes para un envejecimiento activo y saludable»), el crecimiento de la población urbana y la mayor diversidad cultural debido a la globalización y la migración, están influenciando los patrones de consumo. Estos factores conducen a una mayor diversidad en las dietas, donde emergen y se introducen nuevas costumbres y preferencias alimentarias en diferentes regiones, reflejando la fusión de culturas y la búsqueda de opciones dietéticas que se alineen con diversos valores y necesidades nutricionales.

<sup>1</sup> Van Dijk et al. (2021).

## 2. Aumento de alternativas de alimentos más sostenibles



- **Demanda de sostenibilidad:** Creciente preferencia de los consumidores por alternativas alimentarias que minimicen el impacto ambiental y promuevan el bienestar animal.
- **Conciencia y propósito:** Aumento de la conciencia social y ecológica en las elecciones alimentarias, impulsando la popularidad de productos que benefician tanto la nutrición como el medio ambiente.

### Aumento de las necesidades de alternativas de alimentos más sostenibles:

Se observa una creciente demanda de alternativas en la producción de alimentos que sean más sostenibles. Esta tendencia refleja una conciencia pública en aumento sobre el impacto ambiental que supone producir y consumir alimentos a gran escala. Los consumidores buscan cada vez más opciones que favorezcan la sostenibilidad y el bienestar animal, y que posean un claro propósito social o ecológico. Como resultado, se está incrementando el interés por productos alternativos que beneficien tanto a las personas en su aspecto nutricional como al planeta desde el punto de vista medioambiental.

## 3. Balance entre dieta saludable y placer gastronómico



- **Doble tendencia alimentaria:** Emergen dos corrientes dietéticas como son los alimentos enfocados en la salud y los productos destinados al disfrute y placer culinario.
- **Búsqueda de equilibrio:** Los consumidores tienden a buscar un balance entre el mantenimiento de una dieta saludable y la satisfacción que proporcionan los alimentos para el disfrute.

**Balance entre dieta saludable y placer gastronómico:** La industria agroalimentaria se está dividiendo en dos corrientes principales: por un lado, tenemos los alimentos considerados saludables, que son aquellos enfocados en fomentar un estilo de vida saludable; y por el otro, los alimentos que conllevan un placer

culinario, que son aquellos productos que se consumen por placer y satisfacción personal, más que por sus beneficios nutricionales. Esta tendencia muestra que los consumidores están buscando equilibrar sus deseos de mantener una dieta saludable con el placer de disfrutar de comidas y *snacks* que les brindan satisfacción gustativa o culinaria, aunque no necesariamente aporten beneficios para la salud. Se aprecia en este sentido una tendencia en el mercado hacia una demanda robusta por productos que ofrecen confort y satisfacción, reflejando el deseo de equilibrio entre el bienestar y el placer.

## 4. Productos *gourmet* vs. alimentos esenciales económicos



- **Polarización del mercado:** Polarización del mercado entre alimentos *premium* y básicos reflejando diferencias en las preferencias de gasto de los consumidores.
- **Preferencias del consumidor:** Algunos consumidores priorizan calidad y atributos especiales, mientras que otros se enfocan en accesibilidad y valor económico.

### Productos *gourmet* de alta calidad en contraste con opciones económicas para alimentos esenciales:

Existe una polarización en el mercado entre alimentos de especialidad *gourmet* o *premium* y alimentos básicos a bajo coste. Esto refleja una diversidad en las capacidades de gasto de los consumidores y sus prioridades al seleccionar alimentos, con algunos dispuestos a pagar más por productos de alta calidad, únicos o con atributos especiales, mientras que otros se centran en la accesibilidad y el valor económico.

## 5. Necesidad de comodidad y ahorro de tiempo



- **Ritmo urbano:** Los horarios limitados en entornos urbanos reducen el tiempo para la preparación tradicional de comidas y gastronomía muy elaborada.
- **Comida rápida:** Aumento en la demanda de soluciones alimentarias que ahorren tiempo, como es el caso de las comidas preparadas, opciones fáciles de preparar y con servicios de entrega.

**Mayor necesidad de comodidad y ahorro de tiempo:** En los hábitos actuales, especialmente en entornos urbanos, a menudo se da una situación de horarios limitados y baja disponibilidad para dedicar a la preparación elaborada y tradicional de comidas. Esto ha llevado a un aumento en la demanda de soluciones alimentarias que ahorran tiempo, como comidas preparadas, opciones fáciles de preparar y servicios de entrega de alimentos.

## 6. Importancia de la seguridad alimentaria y la trazabilidad

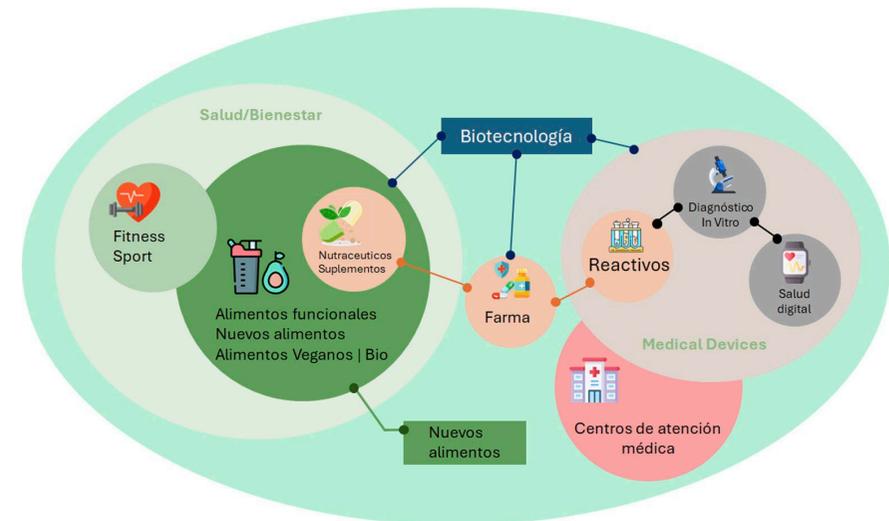


- **Conciencia alimentaria:** La creciente preocupación por la salud, el origen de los alimentos y sus impactos ambientales y sociales hace crecer la importancia de la seguridad alimentaria y la trazabilidad.
- **Transparencia demandada:** Los consumidores demandan transparencia en la cadena de suministro, buscando alimentos seguros, producidos éticamente y sostenibles.

**Creciente importancia de la seguridad alimentaria y la trazabilidad:** La seguridad alimentaria y la trazabilidad se han vuelto aspectos cada vez más importantes para los consumidores, impulsados por preocupaciones sobre la salud, el origen de los alimentos y los impactos ambientales y sociales de su producción. La demanda de transparencia en la cadena de suministro de alimentos está creciendo, con consumidores buscando garantías de que los alimentos que consumen son seguros, éticamente producidos y sostenibles.

Estas tendencias reflejan cómo las expectativas y comportamientos de los consumidores están evolucionando en respuesta a un mundo cambiante, y señalan tendencias hacia una demanda creciente por alimentos que sean sostenibles, convenientes, saludables y alineados con valores éticos y ambientales.

Estos cambios reflejan una evolución en el concepto de dieta, pasando de ser vista como una forma de privación a ser considerada como parte integral de una vida equilibrada y de bienestar general. Se destaca la «cadena de la salud» que conecta varias áreas, como la nutrición, el deporte, la biotecnología y la medicina. La protección del bienestar físico y mental ha ganado importancia, y una dieta adecuada se presenta como un objetivo esencial. En este sentido, la innovación y desarrollo de nuevos alimentos se vislumbra como un nuevo paradigma crucial en la cadena de la salud, transformándola más allá de las intervenciones clínicas y hospitalarias tradicionales, para complementarlo con estilos de vida saludables.



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de De Belvis y Pettenò (2022).



La innovación y el desarrollo de «nuevos alimentos», como las proteínas alternativas, emergen como soluciones viables a desafíos críticos causados por la producción y consumo de carne y lácteos, tales como el aumento de la población, la contaminación ambiental, el bienestar animal, el consumo excesivo de carne con efectos significativos en la salud humana, la ingesta de proteínas y energía necesarias para satisfacer las crecientes necesidades nutricionales de la población y el uso de antibióticos en el ganado, el cual conlleva riesgos de resistencias tanto en humanos como en los propios animales y el medioambiente.

Las tendencias de mercado parecen indicar que, para ser aceptados por los consumidores, el desarrollo e innovación en estos nuevos alimentos deben enfocarse en aspectos clave como el sabor, la textura y el precio, como elementos esenciales para alcanzar la paridad con los productos de origen animal. Además, la creciente preocupación por la sostenibilidad, el bienestar animal y la salud personal está impulsando a los consumidores a explorar y adoptar alternativas alimentarias innovadoras.

Para garantizar su éxito en el mercado y la aceptación por parte del consumidor, la innovación en estos nuevos alimentos debe centrarse en me-

jorar la calidad nutricional y sensorial de sus productos, garantizar precios competitivos y comunicar efectivamente los beneficios ambientales y de salud de sus ofertas. La transparencia en la producción y la trazabilidad también son factores críticos para ganar la confianza del consumidor. A medida que las preferencias de los consumidores continúan evolucionando hacia opciones más saludables y sostenibles, los alimentos novedosos representan una oportunidad significativa para la industria agroalimentaria que conlleva un esfuerzo de investigación e innovación en el sector para responder a los desafíos globales actuales.





RESUMEN EJECUTIVO

INTRODUCCIÓN

# PRINCIPALES CONCLUSIONES

TIPOLOGÍA DE NUEVOS ALIMENTOS

ESTADO DE MADURACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS

TAMAÑO DE MERCADO

1. Nuevos alimentos proteicos a partir de plantas
2. Nuevos alimentos proteicos basados en fermentación
3. Nuevos alimentos basados en carne cultivada
4. Nuevos alimentos basados en insectos
5. Proyectos de investigación
6. Valoración de los expertos
7. Bibliografía

# Principales conclusiones

A continuación, se presentan las principales conclusiones extraídas del informe sobre el mercado de nuevos alimentos basados en proteínas alternativas:

- 1. Revolución y retos de la innovación alimentaria:** La innovación en nuevos alimentos basados en plantas, fermentación de precisión, carne cultivada e insectos comestibles está transformando la industria alimentaria al abordar desafíos de salud y sostenibilidad. La producción de proteínas basadas en vegetales busca mejorar la nutrición y reducir el impacto ambiental, superando adversidades macroeconómicas y abordando diversos desafíos, aunque con un grado de desarrollo comercial y empresarial muy destacado. La carne cultivada ofrece una solución disruptiva al eliminar la necesidad de criar y sacrificar animales, aunque aún debe perfeccionar la textura y el sabor para lograr una producción en masa viable en la próxima década. La fermentación de precisión promete revolucionar la cadena de valor de la carne creando proteínas de origen animal, pero todavía debe solventar retos como los altos costes, problemas de escalabilidad y eficiencia. Finalmente, la industria de los insectos comestibles enfrenta retos tecnológicos en la cría, control de enfermedades y aceptación del consumidor, por lo que necesita optimizar estos procesos para su desarrollo. Estos sectores, aunque enfrentan diversos obstáculos, representan un futuro prometedor en la alimentación sostenible y saludable.
- 2. Crecimiento en la actividad global en I+D:** Los nuevos alimentos basados en proteínas vegetales han visto un aumento gradual en las publicaciones científicas desde 2018, especialmente en Norteamérica, Europa y Asia, con un enfoque destacado en las áreas de bioquímica y biología. La carne cultivada, aunque con menos actividad científica en comparación, muestra un fuerte crecimiento global en regiones como Norteamérica y Asia, centrándose en la bioquímica molecular y la tecnología alimentaria. La producción científica en la temática en torno a los insectos comestibles, aunque enfrenta fluc-



tuaciones, ha visto un incremento del 21 % en publicaciones en los últimos tres años a nivel mundial, especialmente en regiones como Asia y Europa, con un enfoque destacado en la optimización de la cría, procesamiento y extracción de la proteína. La fermentación de precisión, liderada por Asia y seguida de cerca por Europa y Estados Unidos, se enfoca en mejorar las cepas microbianas y los procesos biotecnológicos, mostrando un notable incremento en las publicaciones científicas desde 2018. En conjunto, se aprecia un entorno dinámico de investigación y desarrollo, con variaciones regionales que subrayan la importancia de la colaboración global para superar los desafíos tecnológicos y promover la innovación en nuevos alimentos sostenibles.

**3. Actividad investigadora emergente:** El análisis de los datos muestra un patrón común en el que la evolución anual de las publicaciones científicas ha aumentado de manera gradual en toda la ventana temporal del 2000-2023, pero ha mostrado una especial intensificación a partir del año 2018, por lo que parece que ese año supuso un punto de inflexión en la actividad científica en proteínas alternativas.

**4. Crecimiento del mercado:** Se anticipa que las proteínas alternativas representarán el 11 % del mercado global de proteínas tradicionales para 2035, impulsadas por hábitos alimenticios más saludables y sostenibles. Este crecimiento se refleja en el aumento de inversiones en el sector, con gran potencial en la carne cultivada y las proteínas basadas en fermentación, que se espera alcancen la paridad en costos y características sensoriales con las proteínas animales tradicionales para 2025 y 2032, respectivamente. El mercado de insectos comestibles también crece a una tasa anual del 25 %, con ingresos proyectados de 1000 millones de euros para 2028.

**5. Concentración geográfica de los focos de innovación:** Las proteínas vegetales tienen una fuerte presencia en Estados Unidos y Europa, especialmente en Alemania y Países Bajos, debido a un mercado consumidor extenso y favorable, junto con políticas de apoyo a la sostenibilidad. La fermentación, con un notable crecimiento en Asia-Pacífico y Europa, posiciona a países como Singapur y Alemania como líderes gracias a su infraestructura avanzada en biotecnología y políticas de innovación. La carne cultivada encuentra sus principales focos de innovación y comercialización en Estados Unidos, Israel y Países Bajos, impulsada por fuertes inversiones en biotecnología y un entorno regulatorio favorable. Por último, el sector de insectos comestibles se está desarrollando rápidamente en Francia y Países Bajos, beneficiándose de un marco regulatorio progresivo y una creciente aceptación de los consumidores. En este contexto, España está emergiendo como un competidor significativo, con Cataluña y Madrid como focos principales, con una creciente inversión en biotecnología y sostenibilidad que posiciona al país como un actor importante en el entorno internacional.

**6. Auge de las inversiones en nuevos alimentos:** Las proteínas vegetales han mostrado un crecimiento significativo de las inversiones en Europa, acumulando aproximadamente 8 mil millones de euros entre 2010 y 2022, aunque se ha observado una desaceleración reciente a nivel global. La fermentación, destacada por su crecimiento en Asia-Pacífico y Europa, ha atraído más de 3 mil millones de euros desde 2014, enfrentando una disminución de inversiones globales, aunque Europa mostró un aumento del 22 % en 2023. La carne cultivada ha recibido 1608 millones de euros, con Estados Unidos, Israel y Países Bajos como líderes, y España emergiendo como un mercado prometedor con un crecimiento del 57,2 % en el último año. Por



último, el sector de insectos comestibles, aunque emergente, ha captado inversiones significativas, lideradas por empresas en Francia y los Países Bajos, como Ynsect, con 530 millones de euros, y se espera un crecimiento continuo debido a su potencial como fuente sostenible de proteínas.

**7. España innova:** El ecosistema innovador nacional en España para los alimentos novedosos muestra un notable desarrollo y diversidad. Las proteínas vegetales destacan especialmente en este contexto con *startups* disruptivas como Heura Foods, que ha liderado la evolución del mercado gracias a su estrategia de *marketing* y fidelización de clientes. La fermentación, especialmente la de microalgas y precisión, está siendo adoptada por empresas como Innomy y Libre Foods, que exploran micoproteínas para crear alternativas cárnicas sostenibles. La carne cultivada también está ganando terreno con empresas como BioTech Foods y Cubiq Foods, que desarrollan productos de carne cultivada y grasa de alta calidad. Finalmente, el sector de insectos comestibles, impulsado por regulaciones europeas que empiezan a ser favorables, está en rápido crecimiento con empresas que innovan en proteínas sostenibles y productos de bajo impacto ambiental. En conjunto, estos sectores reflejan un ecosistema dinámico y en expansión en España, con un fuerte apoyo de centros de investigación y un interés creciente en la sostenibilidad y la innovación alimentaria.

**8. Crecimiento global de la propiedad intelectual:** El análisis de las patentes detectadas revela un crecimiento notable en la actividad innovadora en proteínas vegetales, carne cultivada, fermentación de precisión e insectos comestibles. Las proteínas vegetales lideran con un aumento desde 2016, impulsado por pymes y grandes corporaciones, principal-

mente en Estados Unidos y Europa. La carne cultivada también muestra un crecimiento constante, destacando Estados Unidos, Japón y Europa. Los alimentos basados en insectos, aunque con menos patentes, están creciendo, liderados por Estados Unidos y Europa. La fermentación de precisión ha visto un incremento sostenido en patentes, con liderazgo de pymes y países asiáticos como Corea del Sur y Japón. Cada sector enfrenta desafíos únicos, pero muestra un desarrollo robusto y una distribución geográfica diversa de las patentes.

**9. Aumento de la investigación en la CM:** La Comunidad de Madrid (CM) se consolida como un *hub* clave en la innovación de proteínas alternativas, destacando en la producción científica y empresarial. Las instituciones de la CM, como el CSIC, UCM y UAM, lideran en investigación sobre proteínas vegetales, fermentación y alimentos basados en insectos, centrándose en áreas como bioquímica, microbiología y biología molecular. Las empresas emergentes, como Zyrcular Foods y Hello Plant Foods, complementan esta base científica con desarrollos innovadores en alimentos vegetales y marinos alternativos. Aunque la producción científica global en proteínas alternativas ha aumentado desde 2018, la CM presenta un crecimiento fluctuante pero significativo, especialmente en el ámbito de la ciencia y tecnología de alimentos. La región destaca en áreas emergentes de investigación, con énfasis en la biotecnología y la biología molecular para mejorar la calidad nutricional y sensorial de las proteínas vegetales. En el campo de los alimentos fermentados, la microbiología y la bioquímica son claves para desarrollar opciones sostenibles. En cuanto a las proteínas basadas en insectos, las investigaciones emergentes se centran en la biología reproductiva y la endocrinología, para la optimización de la cría y selección de especies de insectos.



RESUMEN EJECUTIVO

INTRODUCCIÓN

PRINCIPALES CONCLUSIONES

# TIPOLOGÍA DE NUEVOS ALIMENTOS

ESTADO DE MADURACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS

TAMAÑO DE MERCADO

1. Nuevos alimentos proteicos a partir de plantas
2. Nuevos alimentos proteicos basados en fermentación
3. Nuevos alimentos basados en carne cultivada
4. Nuevos alimentos basados en insectos
5. Proyectos de investigación
6. Valoración de los expertos
7. Bibliografía

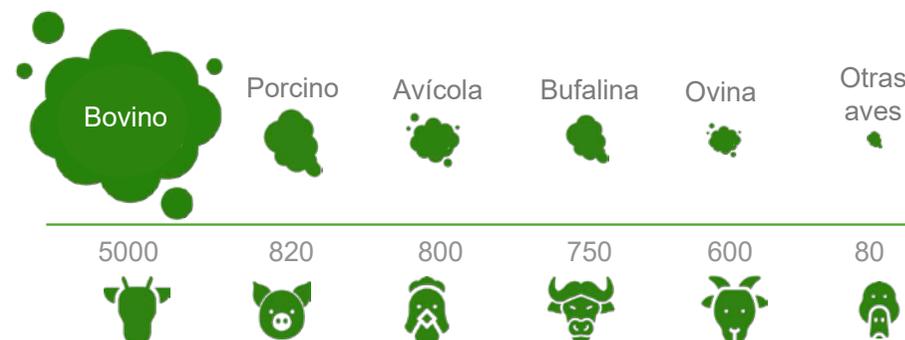
# Tipología de nuevos alimentos

Los alimentos novedosos representan un paradigma emergente en la alimentación, dado que ofrecen soluciones viables a problemas de salud, ambientales y éticos, y tienen además el potencial de transformar los patrones de consumo alimentario a nivel mundial. En este sentido, las **proteínas alternativas** emergen con fuerza y ganan popularidad al ser uno de los nutrientes esenciales como componente principal de las células y tejidos, además de ser utilizadas para diversas funciones del organismo. Las proteínas de alta calidad, especialmente de origen animal, como carne, pescado, huevos y lácteos, a menudo son más caras y menos accesibles para las poblaciones de bajos ingresos, por lo que disponer de alternativas producidas de manera más sostenible y con un uso más eficiente de los recursos supondría encontrar mayores fuentes alternativas de proteína disponibles y más respetuosas con el medio ambiente. Todo ello en paralelo a la creciente concienciación del consumidor sobre los problemas relacionados con la ganadería y agricultura, que está conduciendo a una disminución en el consumo de las proteínas tradicionales.

En el siguiente gráfico se puede obtener una visión comparativa de las emisiones anuales de gases de efecto invernadero (GEI) de diferentes tipos de ganado, donde destaca el impacto ambiental significativo del vacuno en comparación con otras especies. Estos datos son cruciales para entender y mitigar el impacto ambiental de la producción ganadera a nivel global y justificar en cierta medida el interés surgido en nuevas formas más sostenibles de obtener proteínas alternativas.

## Estimación global de emisiones por especie de ganado

Consumo global de fuentes de proteínas  
(millones de toneladas anuales de CO<sub>2</sub> equivalente | tipo de ganado)



Fuente: FAO (2023).

Este tipo de nuevas proteínas se clasifican principalmente en cinco tecnologías o categorías, en función de su grado de maduración comercial: aquellos productos basados en plantas, las proteínas basadas en tecnología de la fermentación, las basadas en células o «cultivos» animales, los productos denominados «carne híbrida» o «mixta», y aquellos derivados de los insectos; todos ellos en distintas fases de desarrollo tecnológico y comercial, pero con un continuo aumento de las inversiones en el sector.



## 1: BASADAS EN PLANTAS




Se refiere a proteínas derivadas de plantas como alternativas a las proteínas provenientes de animales, del marisco, huevo y productos lácteos. Estas proteínas pueden provenir de diversas fuentes vegetales, como guisantes, soja, lentejas, nueces y semillas.

Esta primera categoría se refiere a proteínas derivadas de plantas que se utilizan como alternativas a las proteínas provenientes de animales, marisco, huevo y productos lácteos en la alimentación. Estas proteínas pueden provenir de diversas fuentes vegetales, como guisantes, soja, lentejas, setas, algas, nueces y semillas, y son la base de muchos alimentos sustitutivos de la carne, los mariscos, los huevos y los productos lácteos. Están diseñadas para imitar la textura, el sabor y la funcionalidad nutricional de las proteínas animales, y ofrecen una opción más sostenible y ética para aquellos consumidores que buscan reducir o eliminar el consumo de productos animales de su dieta.

Las proteínas a base de plantas son actualmente el sustituto de la carne más extendido y en un mayor grado de maduración tecnológica y comercial. Las empresas siguen buscando la manera de desarrollar innovaciones tecnológicas para diferenciar más sus procesos de producción y hacer estos productos lo más similares posibles a los productos tradicionales.

## 2: BASADAS EN FERMENTACIÓN




Se ha establecido como una técnica clave para el procesamiento de alimentos o ingredientes, la producción de microorganismos como fuentes primarias de proteína, o la creación de ingredientes especializados para su inclusión en productos basados en plantas o carne cultivada.

En el campo de las proteínas alternativas, la fermentación se ha establecido como una técnica clave para el procesamiento de alimentos o ingredientes, la producción a partir de microorganismos como fuentes primarias de proteína, o la creación de ingredientes especializados para su inclusión en productos basados en plantas o carne cultivada (carne híbrida). Se destacan tres métodos principales: la fermentación tradicional, la fermentación de biomasa y la fermentación de precisión. La industria ha visto un rápido desarrollo, con más del 80 % de las empresas de fermentación emergiendo en los últimos cinco años, lo cual marca una tendencia en procesos de innovación en el sector.



### 3: BASADAS EN CÉLULAS ANIMALES (carne cultivada)



Se refiere a la carne cultivada o de laboratorio, que es producida directamente a partir de células animales. Este proceso implica el cultivo de células musculares animales en un entorno controlado, utilizando técnicas de ingeniería tisular que permiten que estas células crezcan.

Se refiere a la carne cultivada o de laboratorio, que es producida directamente a partir de células animales. Este proceso implica el cultivo de células musculares animales en un entorno controlado, utilizando técnicas de ingeniería de tejidos que permiten que estas células crezcan y se reproduzcan para formar tejidos similares a los que se encuentran en la carne tradicional. Este tipo de procesos busca crear productos cárnicos sin necesidad de criar y sacrificar animales, con la esperanza de reducir el impacto ambiental, mejorar el bienestar animal y ofrecer alternativas alimentarias sostenibles.

### 4: ALIMENTOS BASADOS EN INSECTOS



Son considerados una alternativa sostenible y eficiente debido a su menor huella ambiental en comparación con las fuentes tradicionales de proteínas como el ganado. Los insectos como grillos, gusanos y chapulines son ricos en proteínas, grasas saludables, vitaminas y minerales.

Los alimentos basados en insectos se refieren al uso de insectos comestibles como fuente de nutrición en la dieta humana. Son considerados una alternativa sostenible y eficiente debido a su menor huella ambiental en comparación con las fuentes tradicionales de proteínas provenientes del ganado. Los insectos como grillos, gusanos, etc., son ricos en proteínas, grasas saludables, vitaminas y minerales. Esta tendencia de consumo se apoya en la práctica de la entomofagia, que se practica en muchas culturas alrededor del mundo y está ganando aceptación en regiones donde no era común, en parte por su potencial para contribuir a la seguridad alimentaria global y la sostenibilidad.



## 5: CARNE HÍBRIDA



Se refiere a productos alimentarios que combinan ingredientes basados en plantas con carne animal para crear alimentos que ofrecen características tanto de la carne como de las opciones vegetales. El objetivo es proporcionar más alternativas.

El concepto de «carne híbrida» se refiere a productos alimentarios que combinan ingredientes basados en plantas con la carne animal tradicional para crear alimentos que ofrecen características tanto de la carne real como de las opciones vegetales. El objetivo es proporcionar alternativas más sostenibles que reduzcan el consumo de carne sin sacrificar el sabor o la textura que los consumidores esperan de los productos cárnicos tradicionales. Esta última proteína alternativa no será tratada en este informe, ya que se trata de una combinación de dos de los apartados que se analizan con mayor profundidad.



RESUMEN EJECUTIVO

INTRODUCCIÓN

PRINCIPALES CONCLUSIONES

TIPOLOGÍA DE NUEVOS ALIMENTOS

# ESTADO DE MADURACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS

TAMAÑO DE MERCADO

1. Nuevos alimentos proteicos a partir de plantas
2. Nuevos alimentos proteicos basados en fermentación
3. Nuevos alimentos basados en carne cultivada
4. Alimentos basados en insectos
5. Proyectos de investigación
6. Valoración de los expertos
7. Bibliografía

# Estado de maduración de las tecnologías

En el dinámico entorno de los alimentos novedosos, la interacción entre la **innovación tecnológica** y la creciente **conciencia del consumidor** sobre alternativas alimentarias sostenibles desempeña un papel crucial. A medida que exploramos este emergente paisaje tecnológico y gastronómico, nos encontramos con una diversidad de opciones que desafían las convenciones dietéticas tradicionales y abren paso a una nueva era de hábitos de consumo. Este contexto sienta las bases para comprender las fases de desarrollo y la adopción por parte de los consumidores de los diferentes tipos de nuevos alimentos que van surgiendo tras los procesos de innovación.

Los avances tecnológicos han posibilitado el desarrollo de diversas formas de proteínas alterna-

tivas, desde las basadas en plantas hasta aquellas cultivadas en laboratorios, cada una en distintas etapas de madurez tanto tecnológica como en la percepción del consumidor. La proteína basada en plantas se destaca como la más avanzada y aceptada, lo que pone de manifiesto una tendencia creciente hacia dietas más flexibles y conscientes con el medio ambiente. En contraste, innovaciones como las proteínas híbridas y las basadas en fermentación aún están en las fases iniciales de desarrollo, mostrando un gran potencial de crecimiento y aceptación en el futuro.

Este contexto sienta las bases para comprender las fases de desarrollo y la adopción por parte de los consumidores de los tipos de nuevos alimentos

mediante la curva de adopción del consumidor, que nos permite identificar la predisposición hacia el cambio en los hábitos alimenticios. Desde los flexitarianos<sup>2</sup>, que buscan reducir su consumo de carne por preocupaciones medioambientales y de bienestar animal, hasta los omnívoros y los conservadores, que muestran una mayor resistencia al cambio, existe un amplio y variado espectro de aceptación.

En conclusión, al abordar las fases de desarrollo del mercado de nuevos alimentos y la curva de adopción del consumidor, nos sumergimos en una exploración de cómo la innovación y la conciencia social están remodelando nuestros patrones de consumo.

<sup>2</sup> Una persona flexitariana es alguien que principalmente sigue una dieta vegetariana, pero ocasionalmente consume carne o productos de origen animal.



## CURVA DE ADOPCIÓN DE LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de De Belvis y Pettenò (2022).

RESUMEN EJECUTIVO

INTRODUCCIÓN

PRINCIPALES CONCLUSIONES

TIPOLOGÍA DE NUEVOS ALIMENTOS

ESTADO DE MADURACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS

## TAMAÑO DE MERCADO

1. Nuevos alimentos proteicos a partir de plantas
2. Nuevos alimentos proteicos basados en fermentación
3. Nuevos alimentos basados en carne cultivada
4. Alimentos basados en insectos
5. Proyectos de investigación
6. Valoración de los expertos
7. Bibliografía

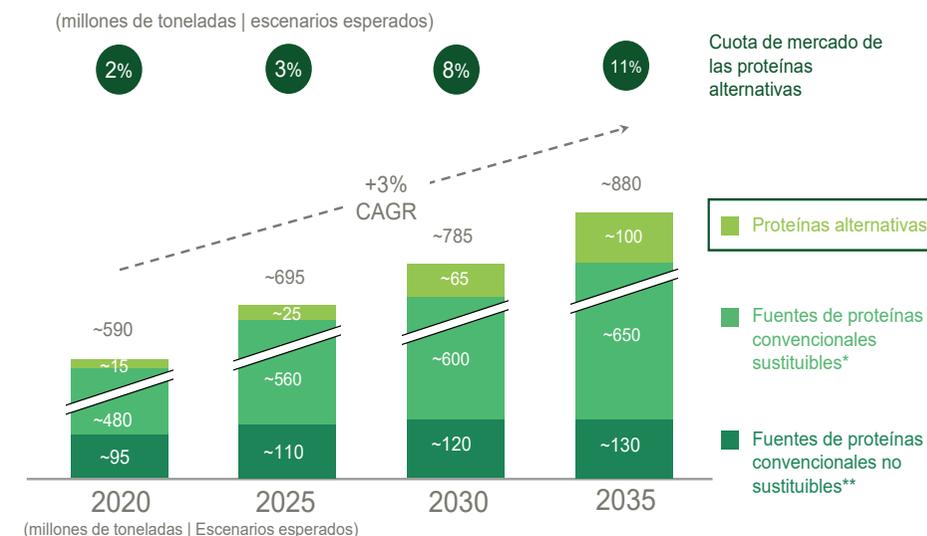
# Tamaño de mercado

Las proteínas alternativas, que incluyen sustitutos de origen vegetal para carnes, huevos, lácteos y mariscos, y que actualmente solo representan el 2 % del mercado global de proteínas animales, podrían ocupar el 11 % para el 2035. Este crecimiento está impulsado por cambios en los hábitos alimentarios hacia opciones más saludables y sostenibles. Un estudio de BCG y Blue Horizon estima que el mercado de proteínas alternativas podría alcanzar aproximadamente 270 mil millones de euros, influenciado por la demanda de los consumidores y la inversión en el sector. Se estima que la tasa de crecimiento anual compuesto (CAGR) para el mercado global de fuentes de proteínas puede llegar a ser, en conjunto, del 3 % hasta 2035, pasando de aproximadamente de unos 600 millones de toneladas consumidas en el 2020 a unos 900 millones del consumo global para 2035.

Si focalizamos el análisis específicamente sobre el tamaño y evolución del mercado de las proteínas alternativas, se estima un crecimiento del consumo con una CAGR del 14 % desde 2020 hasta 2035, pasando de un consumo actual de en torno a los 15 millones de toneladas (alrededor del 2 % del mercado total de proteínas animales) hasta alcanzar unos 100 millones en 2035, lo que representaría el 11 % del mercado total de proteínas.

La industria de proteínas alternativas en España ha mostrado un crecimiento exponencial en los últimos años. Es preciso subrayar su potencial y oportunidades significativas, así como los desafíos que enfrentará en los próximos años.

## Consumo global de fuentes de proteínas



\*El término "Nonaddressable conventional proteins" en el contexto de la industria agroalimentaria se refiere generalmente a aquellas proteínas provenientes de fuentes convencionales, como la carne, los huevos o los productos lácteos, que no se pueden sustituir o imitar fácilmente con alternativas actuales debido a diversos factores como el sabor, la textura, el coste, la funcionalidad en recetas específicas, o la aceptación cultural y del consumidor. Por ejemplo, ciertos cortes de carne con estructuras complejas o productos lácteos con características únicas pueden ser difíciles de replicar con alternativas basadas en plantas o tecnologías de fermentación y cultivo celular.

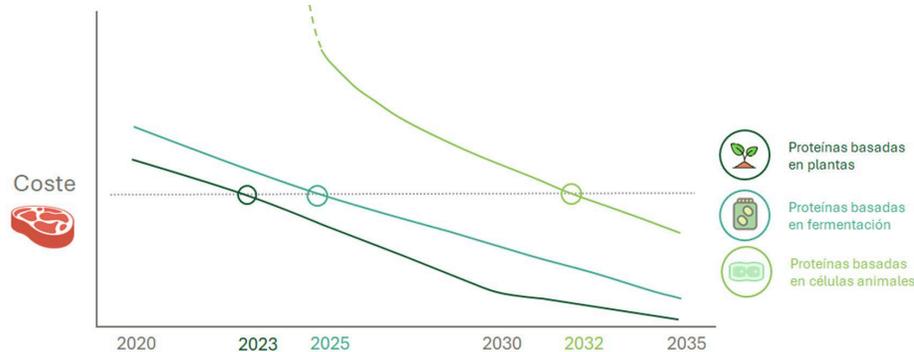
\*\*El concepto de "addressable conventional proteins" en la industria agroalimentaria hace referencia a las proteínas convencionales que pueden ser sustituidas o replicadas por alternativas producidas a través de tecnologías actuales. Estas proteínas convencionales son "abordables" en el sentido de que existen alternativas viables en el mercado, como proteínas de origen vegetal, microbiano o cultivado en laboratorio, que pueden imitar sus propiedades nutricionales y organolépticas, y son aceptadas por los consumidores como sustitutos directos.

Fuente: Witte *et al.* (2021).



Se espera que los nuevos alimentos de proteínas basadas en plantas sigan dominando claramente el mercado (~70 % de cuota de mercado para 2035), pero mostrarán una tendencia decreciente en su tasa de crecimiento a partir del 2030. Por otro lado, se estima que las alternativas de proteínas basadas en fermentación (derivadas de microorganismos) y en las de cultivos de células animales aceleren sus periodos de desarrollo e innovación, de tal manera que alcancen su paridad tanto en costes como en características organolépticas para 2025 la primera y cerca del 2032 en el caso de la segunda.

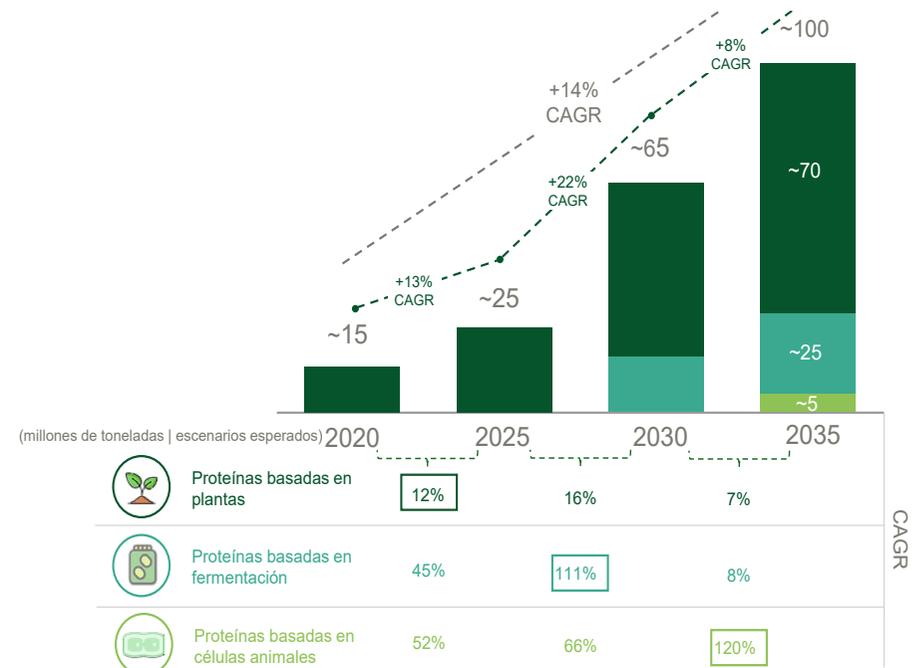
### Ventana temporal para alcanzar la paridad de coste y características organolépticas



Fuente: Witte *et al.* (2021).

Por su parte, se estima que estas dos alternativas de nuevos alimentos tendrán un crecimiento de sus cuotas de mercado que las sitúen en un pico de crecimiento del 111 % de CAGR a partir del 2025 para las basadas en fermentaciones y en el siguiente lustro de 120 % para las basadas en cultivos de células animales.

### Consumo global de nuevos alimentos basados en proteínas alternativas



Fuente: Witte *et al.* (2021).

Las estimaciones anteriores del tamaño del mercado tienen en cuenta las proteínas alternativas solo en relación con el consumo humano. Los números no consideran la posibilidad de utilizar proteínas alternativas como base para la alimentación animal. La sustitución de la harina de pescado y la harina de huesos utilizada como pienso en la acuicultura y otros tipos de ganadería podría contribuir significativamente al crecimiento del mercado global.



# 1. NUEVOS ALIMENTOS PROTEICOS A PARTIR DE PLANTAS

## RESUMEN

### ESTADO ACTUAL DE DESARROLLO TECNOLÓGICO

### ENTORNO DE LA I+D

Evolución de la capacidad investigadora

Áreas de investigación más activas

Áreas de investigación emergentes

Organizaciones con mayor actividad investigadora

Ámbitos más frecuentes de investigación

Patentes

Entorno empresarial

Sector productivo | Inversiones

Ecosistema innovador nacional

Retos de innovación

# 1. Nuevos alimentos proteicos a partir de plantas



## RESUMEN

A fin de atender la creciente demanda de la población mundial, se anticipa que para el año 2050 la producción de carne debería incrementarse notablemente; sin embargo, los procesos actuales de producción intensiva no parecen ser sostenibles para alcanzar los objetivos medioambientales. Las proteínas alternativas surgen como una respuesta potencial para proveer una nutrición más eficiente y sostenible, crucial para la mitigación del cambio climático y la preservación de la biodiversidad. Con los objetivos de 2030 en el horizonte, la innovación en la producción de proteínas vegetales se posiciona como una estrategia para mejorar la salud pública y reducir el impacto ambiental, enfrentando retos como la resistencia a los antibióticos y las pandemias. A pesar de los avances significativos en 2022, el sector de las proteínas alternativas debe superar aún desafíos financieros y de recursos humanos e innovación para alcanzar su pleno potencial y contribuir a un sistema alimentario global transformado y más sostenible.

En el año 2022, la industria minorista de alimentos a base de plantas generó ventas en Europa por valor de unos 5800 millones de euros (de los cuales casi el 8 % fue en el mercado español, como cuarto mercado más grande de Europa), experimentando un crecimiento anual del 8 % en valor de mercado y del

5 % en volumen. Los productos de origen vegetal como alternativas a los productos lácteos como la leche, el queso y el yogur alcanzaron más de 2500 millones de euros (que supone aproximadamente un 15 % del mercado global de productos lácteos), con un incremento aproximado de un 10 % anual. A pesar de las adversas condiciones macroeconómicas y de mercado de los últimos años —a causa, entre otras cosas, de la pandemia, la guerra en Ucrania, las tensiones comerciales internacionales y la inflación—, la industria ha mantenido su crecimiento y sus procesos de innovación, aunque de forma más ralentizada. Esto demuestra que, a pesar de las dificultades mencionadas, existe una fuerte demanda de estos productos por parte de los consumidores. Los actores del mercado están ampliando su oferta de productos, formando alianzas estratégicas y ampliando sus capacidades productivas y de investigación.

La implicación del sector público parece que es una tendencia, dado que se observa un incremento de las ayudas públicas sobre los ámbitos de las proteínas vegetales como una prioridad en investigación e innovación.

Las áreas prioritarias en investigación que se han identificado a partir del análisis de documentos científicos en la CM reflejan una actividad científica multidisciplinar en el ámbito de las ciencias de la alimentación y su aplicación a estos nuevos ingredientes y alimentos, donde la nutrición, la salud y el medio ambiente se entrelazan. La atención está puesta en cómo la dieta de estas variantes de las proteínas tradicionales puede influir en la salud a largo plazo, cómo se pueden maximizar los beneficios de los alimentos naturales y cómo la producción de alimentos puede ser sostenible y respetuosa con el medio ambiente, asegurando a su vez la seguridad alimentaria y una nutrición lo más optimizada posible.



En cuanto a las necesidades prioritarias en innovación de la industria, cabe mencionar las siguientes: mejorar el conocimiento de la relación entre secuencia, estructura y funcionalidad de las proteínas vegetales, explorar el uso de plantas como plataformas para producir proteínas recombinantes, evaluar las ventajas de usar plantas para simplificar procesos y reducir costes, desarrollar métodos de procesamiento biológico para obtener ingredientes proteicos de cultivos con mayor eficiencia y adaptabilidad, mejorar aspectos reológicos y organolépticos de los ingredientes y mejorar el conocimiento de los aspectos que determinan la aceptación por parte de los consumidores.

## ESTADO ACTUAL DE DESARROLLO TECNOLÓGICO

Las proteínas de origen vegetal son los ingredientes más comunes que se utilizan para preparar alternativas a los alimentos tradicionales como la carne. La soja, la avena, el gluten de trigo y las setas son los principales ingredientes utilizados. La soja se utiliza por su alta calidad nutricional para preparar productos ricos en proteínas, como el tofu, que se obtiene coagulando y prensando la cuajada de soja en un bloque compacto. La harina de soja es el producto de soja menos procesado y se utiliza tanto en la preparación de proteína vegetal texturizada de soja como en concentrado de proteína de soja (70 % de proteína) y aislado (90 % de proteína). Las alternativas a la carne de soja, como la proteína vegetal texturizada, generalmente se preparan mediante un pro-

ceso de extrusión, que permite diferentes formas y tamaños del producto<sup>3,4</sup>. El gluten de trigo, también llamado seitán, se obtiene durante el aislamiento del almidón de la harina de trigo y se utiliza por su capacidad aglutinante, formadora de masa y agente gasificante. Su calidad cohesiva y masticable confiere una textura similar a la de la carne en los productos preparados con gluten de trigo. También se añaden hongos a los productos por su masticabilidad<sup>4</sup>. Las proteínas de las legumbres procedentes de guisantes, lentejas, altramuces o garbanzos también se han utilizado en la formulación de alternativas a la carne. Entre ellas, la proteína a base de guisantes es la más prometedora. Las proteínas de semillas oleaginosas de colza y canola se pueden utilizar como agentes estructurantes cuando se calientan, promoviendo texturas similares a las de la carne.

Las alternativas lácteas de origen vegetal son extractos solubles en agua de legumbres (garbanzos, soja), cereales (avena, arroz), pseudocereales (quinoa, teff, amaranto), frutos secos (almendras, anacardos, avellanas, nueces, coco) o semillas (sésamo, girasol), que se asemejan a la leche de vaca y se consumen como sustitutos. Los fluidos similares a la leche resultan de la descomposición (reducción de tamaño) del material vegetal (cereales, pseudocereales, legumbres, semillas oleaginosas, nueces) extraído en agua y una mayor homogeneización de dichos fluidos, que imita a la leche de vaca en apariencia y consistencia.

Los análogos del queso se producen utilizando fuentes de grasa y proteínas diferentes a las de la leche de vaca, buscando imitar los sabores del queso original. Estos análogos pueden ser completamente veganos o contener parcialmente componentes lácteos. Se reemplazan las proteínas y grasas lácteas por proteínas y grasas vegetales hidrogenadas. Aunque han sido utilizados principalmente

<sup>3</sup> Malav *et al.* (2015).

<sup>4</sup> Kumar *et al.* (2017).



como componentes de las pizzas para reducir costos, la dificultad para replicar los sabores únicos de los diferentes tipos de queso ha limitado su uso. Sin embargo, en años recientes, las innovaciones en la preparación de quesos veganos han mejorado sus propiedades sensoriales, utilizando ingredientes como soja, nueces, coco, anacardos, tapioca, raíz de arrurruz, yuca e incluso patata para obtener texturas y sabores más auténticos<sup>5,6</sup>.

En el caso de los productos alternativos al huevo sucede que, a diferencia de las alternativas a la carne, cuyo objetivo es replicar las cualidades sensoriales del producto original, buscan principalmente reemplazar las propiedades funcionales de la proteína del huevo para cocinar. Se ha investigado el uso de proteínas vegetales como la soja y el guisante como sustitutos del huevo, encontrando que la soja tiene propiedades similares a las del huevo, mientras que la proteína de guisante puede requerir complementar sus propiedades nutricionales. Sin embargo, los sabores distintivos de estas proteínas pueden resultar desagradables para algunos consumidores. Se han formulado mayonesas veganas utilizando diversos ingredientes, como aceite de salvado de arroz y concentrado de proteína de soja, aunque la aceptación del producto puede mejorar con la adición de sabores. Además, se han utilizado diversos ingredientes, como leche de soja, goma xantana y goma guar, para estabilizar las emulsiones de aceite en agua. Para sustituir los huevos al hornear y cocinar, se pueden utilizar ingredientes como salsa de manzana, aquafaba, semillas de lino, harina de garbanzos, tofu, plátanos maduros y almidón de tapioca. Sin embargo, es importante considerar el valor nutricional de estas alternativas para evitar deficiencias, ya que algunos ingredientes pueden ofrecer un contenido de proteínas insuficiente.

A las alternativas al pescado, como son el tofu, el seitán y las microalgas, se les añade salsa de soja, pasta de miso o algas para proporcionar un sabor marino. Sin embargo, estas alternativas pueden carecer de los beneficios nutricionales del pescado, ya que no contienen EPA y DHA, ácidos grasos omega-3 presentes en el pescado. En recetas veganas y vegetarianas, se utilizan champiñones, tomates pelados marinados y zanahorias marinadas como sustitutos de los mariscos, atún y salmón, respectivamente. A pesar de su similitud sensorial, es importante mejorar estas alternativas para garantizar un perfil nutricional adecuado.

## ENTORNO DE LA I+D

### EVOLUCIÓN DE LA CAPACIDAD INVESTIGADORA

Se han analizado las publicaciones científicas relacionadas con las investigaciones centradas en nuevos alimentos de origen vegetal que se pueden considerar como alternativos a las carnes, ovoproductos, productos lácteos y productos del mar o mariscos. Se han considerado aquellos documentos científicos en los que se localizan estos criterios en su título o resumen a partir de la base de datos de la Web of Science. Además, se han estratificado las publicaciones en tres capas para tener en cuenta la producción científica generada en este ámbito a nivel global, a nivel nacional y la actividad científica localizada en la Comunidad de Madrid (CM).

El análisis de estos datos muestra que la evolución anual de las publicaciones científicas ha aumentado de manera gradual a partir del año 2008 y se

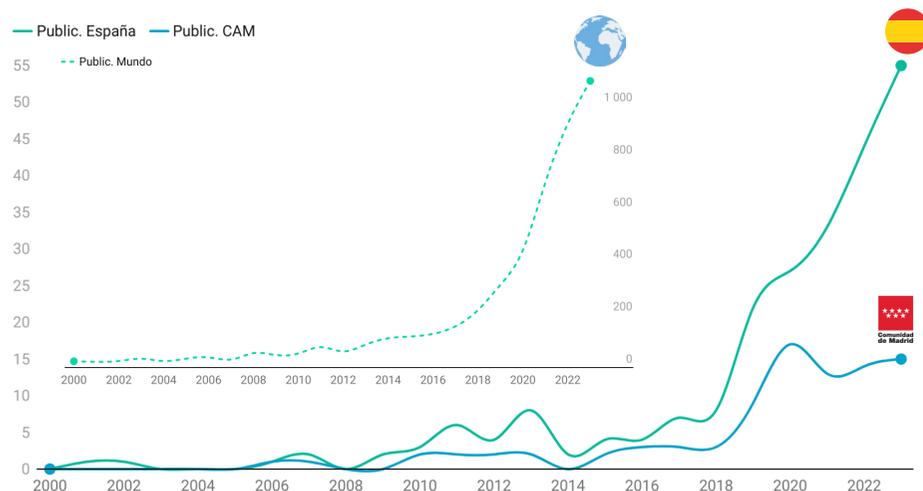
<sup>5</sup> Fresh n' Lean. *La evolución del queso vegano* [consultado el 30 de noviembre de 2020]; <https://www.freshnlean.com/blog/vegan-cheese-evolution/> (actualmente fuera de línea).

<sup>6</sup> Brown y Keenan (2017).



aprecia un incremento más abrupto a partir del año 2018, que coincide con un incremento en el interés por nuevas proteínas alternativas en el mercado agroalimentario. Aunque España representa comparativamente una fracción pequeña de las publicaciones mundiales (en torno al 5 %), la tasa de crecimiento en los últimos tres años muestra un incremento más elevado que la evolución a nivel mundial, lo que da una idea del emergente interés en este ámbito que se da en la actividad científica española.

### Evolución anual de la producción científica

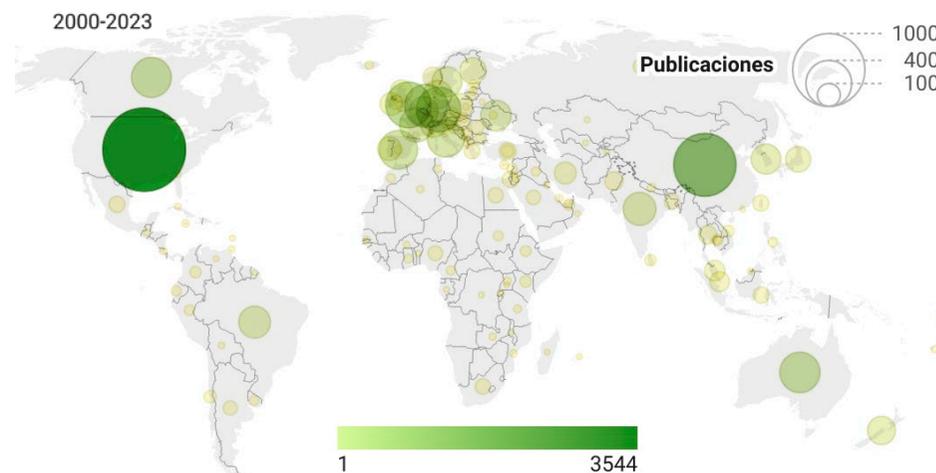


Fuente: Elaboración propia a partir del análisis de los datos de la Web of Science. Creado con Datawrapper.

Por otro lado, las publicaciones en la CM parecen fluctuar más, con picos y valles en diferentes años, lo que sugiere una dinámica particular en esta región, con tasas de crecimiento más moderadas que a nivel nacional. Este análisis resalta la importancia de considerar tanto la escala global como las variaciones regionales al examinar la producción científica en diferentes áreas geográficas.

Si analizamos la distribución geográfica de la producción científica en este ámbito, se muestra que la investigación sobre alimentos alternativos de origen vegetal está predominantemente concentrada en Norteamérica y Europa, con una presencia significativa también en Asia, indicando que estas regiones pueden ser pioneras en este campo. En contraste, en África y América del Sur la actividad de investigación es más escasa, lo que sugiere diferencias en las prioridades de investigación o recursos disponibles. El tamaño de los círculos refleja centros de intensa actividad investigadora, señalando la presencia de importantes polos de actividad en alimentos vegetales alternativos a nivel global, lo que indica también la predisposición de la industria y consumidores para el desarrollo de estas alternativas alimentarias.

### Distribución geográfica de la actividad científica



Fuente: Elaboración propia a partir del análisis de los datos de la Web of Science. Creado con Datawrapper.



## ÁREAS DE INVESTIGACIÓN MÁS ACTIVAS

El gráfico adjunto presenta una comparación entre la distribución de publicaciones científicas en España y en la CM en diversas áreas de investigación durante los últimos 23 años, desde el año 2000 hasta el 2023. Esta comparativa se enfoca en las principales temáticas de investigación detectadas y resalta la importancia de cada campo en el contexto nacional y regional. Es relevante destacar que, dado que las publicaciones pueden ser interdisciplinarias y estar clasificadas en más de un área, los porcentajes mostrados pueden sumar más del 100 %.

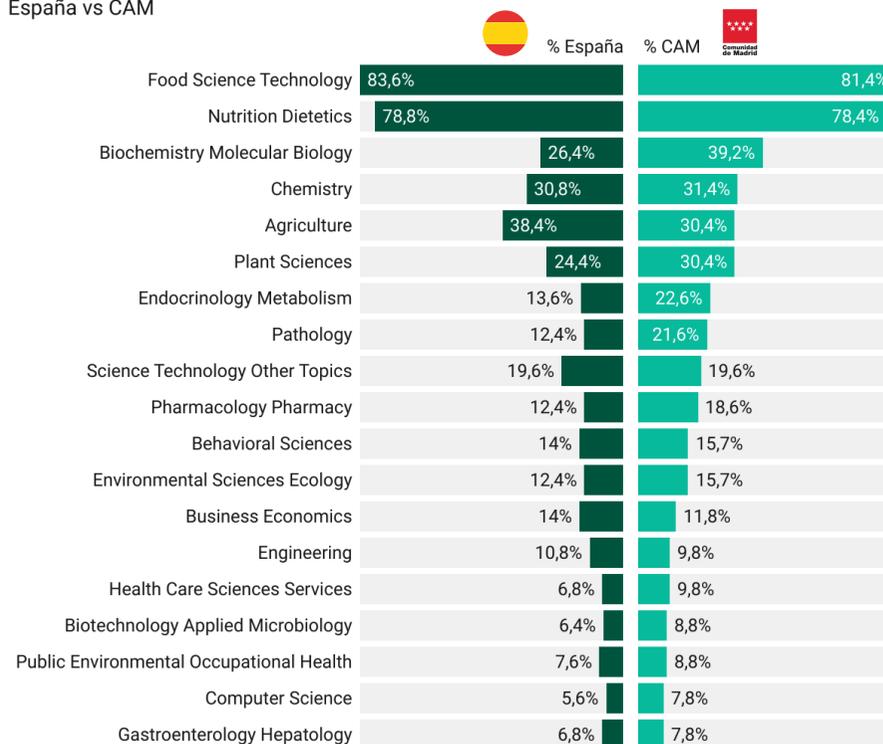
De manera muy destacada, las áreas como ciencia y tecnología de alimentos, nutrición y dietética congregan un significativo volumen de la investigación, lo que refleja que son estas áreas las que concentran la mayoría de la actividad científica en el desarrollo y la innovación de nuevos alimentos alternativos de origen vegetal. En particular, la ciencia y tecnología de los alimentos muestra una actividad predominante, con porcentajes que sobrepasan el 80 % en ambas capas geográficas, lo cual indica un fuerte enfoque nacional y regional en este campo. En un segundo escalón, el ámbito de la química y bioquímica complementa las investigaciones como claves para el estudio de la composición, estructura, seguridad y propiedades de los compuestos de estos nuevos alimentos.

El análisis detallado de la gráfica proporciona una visión reveladora de la orientación científica en la CM, donde se observa una notable concentración de esfuerzos de la investigación en áreas críticas para la salud y la seguridad alimentaria. Áreas como la endocrinología, patología y farmacología destacan por su preponderancia en la actividad científica observada en la CM, indicando una especial concentración de estas áreas en los proyectos de investigación aplicados en el estudio y desarrollo de nuevos alimentos de origen vegetal, lo que revela un interés en la vertiente estratégica de la calidad, salud y seguridad

alimentaria. Este enfoque acentuado revela una mayor actividad científica hacia el estudio del impacto del consumo de estos alimentos en la calidad de vida y condiciones de salud en el consumidor. Esta visión interdisciplinar que se observa en los proyectos puede asegurar que los avances en el ámbito agroalimentario estén alineados con las mejores prácticas en salud y bienestar.

### Distribución de las publicaciones por áreas temáticas

España vs CAM



Fuente: Elaboración propia a partir del análisis de los datos de la Web of Science. Se muestran solo las áreas que concentran el mayor número de publicaciones. Creado con Datawrapper.

## ÁREAS DE INVESTIGACIÓN EMERGENTES

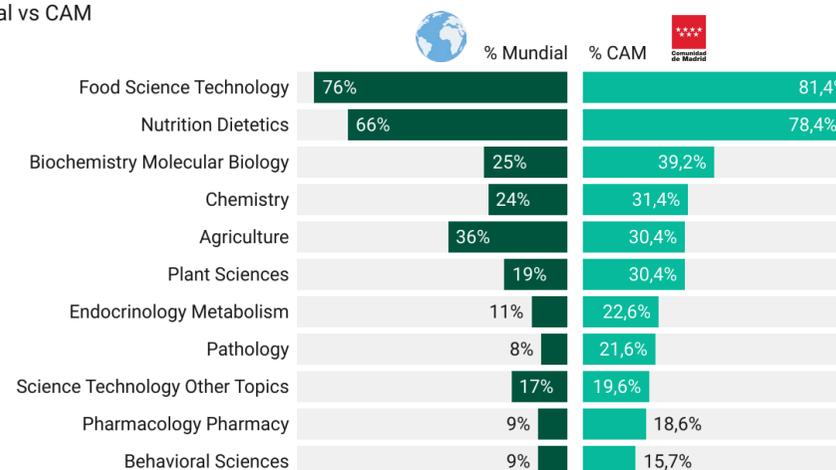
Otra de las ideas que se pueden extraer de los datos analizados es la detección de **áreas emergentes**, como son la ingeniería, las ciencias de la computación, y las neurociencias y ciencias del comportamiento aplicadas a este tipo de proyectos eminentemente agroalimentarios. Esto resalta la importancia de la aplicación de la tecnología y la informática y los procesos digitales en el desarrollo de estos proyectos, así como un interés en entender la influencia de este tipo de nuevos alimentos sobre el funcionamiento del cerebro humano y su comportamiento y la aceptación por el consumidor.

El análisis de estos datos sugiere que, tanto en España como en la CM, existe un enfoque multidisciplinario en la investigación científica, que aborda desde aspectos fundamentales de la ciencia pura hasta aplicaciones prácticas que afectan a la sociedad, como la salud pública y la sostenibilidad ambiental. Esta distribución temática es indicativa de las prioridades y necesidades actuales, así como de la estrategia futura de la investigación en estos ámbitos.

Si comparamos la actividad científica en este ámbito de la región madrileña con la que se desarrolla a nivel mundial, se puede apreciar que la CM exhibe una tendencia significativamente mayor en la investigación en ciencias de la alimentación y tecnología, así como en nutrición y dietética. Mientras a nivel mundial se reporta una participación del 76 % en ciencias de la alimentación y tecnología, la CM excede esta cifra, con un 81,4 %. De forma similar, en nutrición y dietética, la CM reporta un 78,4 %, superando el 66 % global. Estos datos sugieren que la CM dispone de una fortaleza en estas áreas científicas, al ser las principales en el desarrollo e innovación de estos nuevos productos alimentarios, por lo que parece una región con condiciones óptimas para la innovación en estos productos.

## Distribución de las publicaciones por áreas temáticas

Mundial vs CAM



Fuente: Elaboración propia a partir del análisis de los datos de la Web of Science. Se muestran solo las áreas que concentran el mayor número de publicaciones. Creado con Datawrapper.

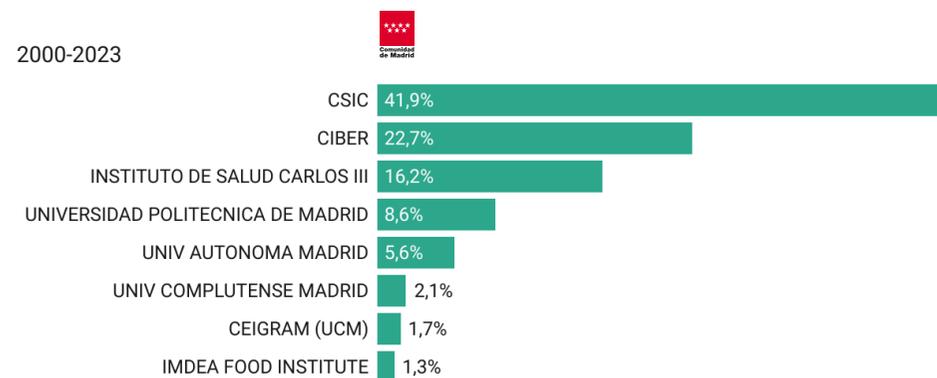
## ORGANIZACIONES CON MAYOR ACTIVIDAD INVESTIGADORA

Analizando los principales organismos de investigación que desarrollan actividad científica en proyectos relacionados con nuevos alimentos alternativos de origen vegetal en la región de Madrid, se observa una concentración destacable en el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC); el Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos y Nutrición (ICTAN), el Instituto de Investigación en Ciencias de la Alimentación (CIAL) y el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA) son los centros del CSIC que mayor actividad investigadora concentran en ese orden en el ámbito analizado.

Con una actividad importante pero más limitada, se encuentra la infraestructura de redes de investigación financiadas por el Instituto de Salud Carlos III, como es el Centro de Investigación Biomédica en Red (CIBER-ISCIII), que reúne en este ámbito tres redes (CIBERESP, CIBEROBN, CIBERFES) con un total de siete grupos de investigación en la CM, en temas de fragilidad y envejecimiento saludable, dos grupos en temas de fisiopatología de la obesidad y nutrición, y hasta cinco grupos en temas de epidemiología y salud pública.

También desarrollan su actividad investigadora en este campo las principales universidades madrileñas, la UPM, la UCM y la UAM, que concentran la mayoría de la actividad en este ámbito en la universidad madrileña. El resto de la actividad se desarrolla fundamentalmente en el Instituto IMDEA Alimentación de la CM, cuyo objetivo se focaliza en el estudio de la nutrición y su relación con la salud.

### Organizaciones de I+D con mayor actividad científica

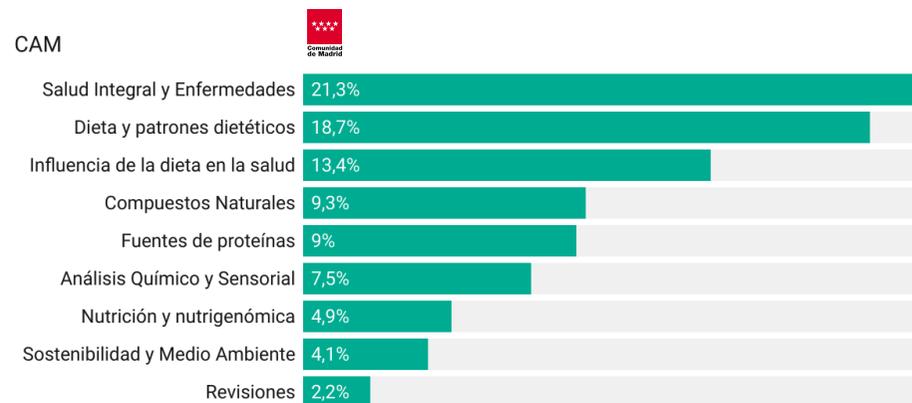


Fuente: Elaboración propia a partir del análisis de los datos de la Web of Science. Creado con Datawrapper.

### ÁMBITOS MÁS FRECUENTES DE INVESTIGACIÓN

A partir del análisis de los documentos científicos y basándonos en las palabras clave etiquetadas y sus frecuencias de aparición, podemos extraer algunas tendencias en los ámbitos de investigación prioritarios que se desarrollan en los organismos científicos en la CM:

#### Ámbitos de investigación tratados en los documentos científicos



Fuente: Elaboración propia a partir del análisis de los datos de la Web of Science. Creado con Datawrapper.

- Salud integral y enfermedades:** Se destaca un interés considerable en el estudio del impacto que tienen las diferentes alternativas de alimentos de origen vegetal y sus compuestos en una amplia gama de enfermedades. Esta temática es tratada en aproximadamente el 21 % de los trabajos de investigación analizados. Desde enfermedades hepáticas y cáncer hasta diabetes y síndrome metabólico, la inflamación y la respuesta a la pandemia de COVID-19 son de especial interés, reflejando que un gran conjunto de la actividad científica en este ámbito se centra en intentar



comprender la interacción entre la nutrición con estos compuestos de nuevos alimentos de origen vegetal y el desarrollo o inhibición de distintas patologías.

- **Dieta y estilo de vida mediterráneo:** Este es otro de los temas más frecuentes que aparecen en los documentos científicos (en torno al 19 %), lo cual indica la existencia de un fuerte enfoque en cómo los nuevos alimentos alternativos de origen vegetal se adaptan a los patrones dietéticos, especialmente en el caso de la dieta mediterránea. Además, en un 13,4 % de las investigaciones se asocia con patrones dietéticos saludables basados en nuevos alimentos de origen vegetal y cómo estos pueden influir en diversas condiciones de la salud.
- **Beneficios de los compuestos naturales:** Los polifenoles y otros fitoquímicos naturales son un tema prominente en los documentos analizados (9,3 %), observándose una búsqueda activa de cómo los componentes naturales de los alimentos pueden promover la salud y prevenir enfermedades. Muchas de estas investigaciones se centran en el análisis de compuestos como flavonoides, lignanos, esteroides, ácido gálico, lunasina, fitato, fitoprostanoles, oxilipinas, hidroxitirosol, lectinas, proteasas, ácidos hidroxicinámicos, etc. Estos compuestos pueden encontrarse en una variedad de alimentos vegetales y contribuir a los beneficios para la salud con una variedad de efectos positivos, como propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y de protección contra enfermedades crónicas como el cáncer y las enfermedades cardiovasculares.
- **Diversidad alimentaria y fuentes de proteína:** Este conjunto de documentos científicos se enfoca en analizar diversas fuentes de proteínas y su correlación entre secuencia, estructura y funcionalidad para aplicar en el desarrollo de nuevos alimentos de origen vegetal. Aproximadamente el

9 % de los documentos estudia cómo estas fuentes de proteínas vegetales pueden ser utilizadas en la alimentación como alternativas sostenibles a las fuentes de proteínas animales. Entre las fuentes más estudiadas se encuentran fundamentalmente los guisantes, soja, amaranto, habas, quinoa y sus distintas variedades (incluyendo sus hojas), chía, judías, aceite de sacha, tofu, etc. Otros compuestos también se estudian por sus cualidades reológicas, sus propiedades y sus compuestos bioactivos para formar parte de la estructura de nuevos alimentos alternativos, como son el salvado de arroz, trigo, maíz, arándanos, el hongo *Ganoderma lucidum*, nueces, brócoli y frutas tropicales, entre otros.

- **Análisis químico y sensorial de alimentos:** Un conjunto considerable de investigaciones, alrededor del 7,5 %, se focaliza en el análisis compuesto, que incluye propiedades y evaluación sensorial, lo cual muestra la importancia de entender los componentes individuales de los alimentos y cómo estos contribuyen al sabor, aroma, y beneficios para la salud.
- **Nutrición y nutrigenómica:** Otros temas como la obesidad, la nutrigenómica y la calidad nutricional son aspectos tratados activamente entre los documentos analizados (casi el 5 %), reflejando el interés en cómo la nutrición puede influir en la salud a partir de estos nuevos compuestos de origen vegetal en sustitución de los alimentos tradicionales y en cómo se pueden prevenir condiciones específicas a través de la dieta.
- **Sostenibilidad y medio ambiente:** Una parte de las investigaciones, en torno al 4 %, se centra en analizar la sostenibilidad del ciclo de vida de los alimentos y su impacto ambiental, desde las prácticas agrícolas hasta su procesamiento industrial y reciclaje, comparando la producción de los alimentos tradicionales frente a sus alternativas de origen vegetal.



- **Revisiones del estado del conocimiento:** Se observa una parte cercana al 2 % de documentos científicos que son revisiones del estado de desarrollo de este tipo de alimentos, ingredientes y compuestos para su uso en alimentos de origen vegetal y sus perspectivas de futuro.
- Un grupo minoritario se dedica a la investigación en diversos campos, entre los que destaca el uso de plantas como plataformas para la producción de proteínas recombinantes con aplicaciones en ingredientes funcionales. Esto incluye explorar las plantas como hospedadores para la producción de proteínas, simplificando el procesamiento y reduciendo costos. También investigan el procesamiento biológico para mejorar cultivos, enfocándose en precisión, reducción de costos y adaptabilidad a pequeña escala, además de estudiar factores socioculturales y perfiles de consumidores respecto a su adaptación a los nuevos alimentos de origen vegetal.

## PATENTES

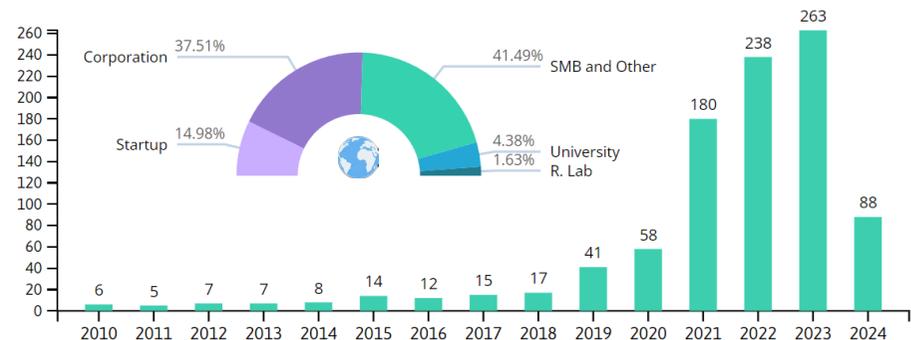
La evolución de las patentes a nivel mundial sobre proteínas alternativas basadas en vegetales muestra un crecimiento significativo en la última década, tal como se observa en la gráfica. Entre 2010 y 2015, el número de patentes anuales se mantuvo relativamente bajo y estable, pero a partir de 2016 se observa un incremento más notable. El crecimiento se acelera considerablemente a partir de 2018, con un incremento constante que lleva a 58 patentes en 2020. En 2021, se registra un salto significativo con 180 patentes, y el número continúa aumentando hasta 238 en 2022 y 263 en 2023.

La distribución de estas patentes por tipo de organización también es destacable. Las pequeñas y medianas empresas constituyen el motor de innovación en este sector a tenor del 41,49 % de las patentes que concentran, seguidas

por las grandes corporaciones con un 37,51 %. Las *startups* contribuyen con un 14,98 %, mientras que las universidades y laboratorios de investigación tienen una participación menor, con un 6 %.

La gráfica evidencia un claro aumento en la actividad de patentes en el ámbito de las proteínas alternativas basadas en vegetales, reflejando un creciente interés y desarrollo en este sector.

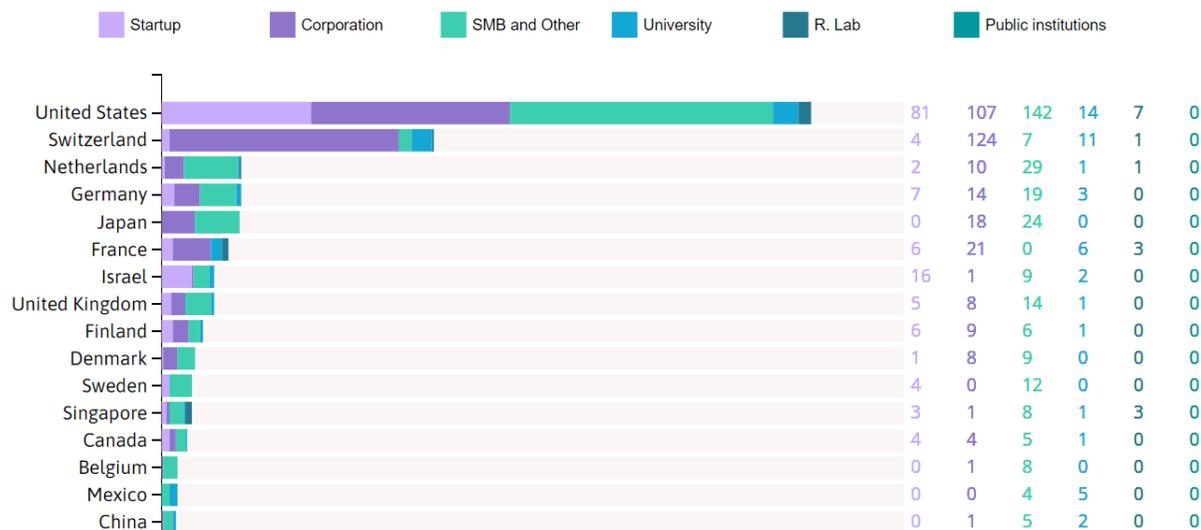
### Evolución mundial de las patentes



Fuente: Elaboración propia a partir de base de datos de patentes e innovación.

En la distribución geográfica de la propiedad industrial destacan Estados Unidos y Suiza como los principales focos de innovación, seguidos por varios países europeos y Japón.





Fuente: Elaboración propia a partir de base de datos de patentes e innovación.

Observando con más detalle las grandes corporaciones que patentan en este ámbito, destacan fundamentalmente Nestlé, Givaudan, Firmenich en Suiza y Cargill, junto con Impossible Foods en Estados Unidos (USA), con una cartera conjunta de más de 170 patentes en este ámbito temático.

En cuanto a *startups*, destacan Air Protein, que desarrolla alimentos enriquecidos con proteínas elaborados a partir de CO<sub>2</sub>, The Better Meat, que ha patentado procesos de fermentación para elaborar ingredientes de micoproteínas para carnes

vegetales, y Umarm Foods, especializada en el desarrollo de una fuente de proteína vegetal a partir de algas marinas, las tres localizadas en USA y con cerca de treinta patentes. En otros focos geográficos destacan Redefine Meat, que ha patentado tecnología de impresión 3D para modelado digital de carne vegetal y que está situada en Israel, con once patentes, y Solar Foods, situada en Finlandia, con seis patentes y que desarrolla una proteína sostenible producida a partir de aire y electricidad. En conjunto, estas *startups* han levantado una financiación de unos 335 millones de euros.

Focalizándose en España, el análisis revela una creciente innovación y diversificación en este campo, con un notable incremento a partir de año 2022; sin embargo, no destaca especialmente por su cartera de patentes con respecto al conjunto de otros países. Entre las entidades destacadas se encuentran Hidroxicinamics S. L., que se especializa en la producción de extractos de ácidos hidroxicinámicos a partir de residuos vegetales, ofreciendo una solución sostenible para la reducción de desechos y la creación de nuevos alimentos de alto valor añadido.

La Compañía Española de Algas Marinas S. A. (Ceamsa) se enfoca en la producción de harina de algas rojas, que se utiliza como ingrediente de productos alimentarios, especialmente en postres lácteos y análogos veganos. Su proceso patentado incluye etapas de lavado en frío, tratamiento en salmuera, molienda húmeda y secado, resultando en una harina de alta calidad con propiedades texturizantes y emulsionantes.

La empresa Novameat se destaca por sus innovaciones en proteínas alternativas utilizando tecnología de impresión 3D para crear productos comestibles microextruidos que imitan las propiedades mecánicas de la carne. Esta empresa utiliza combinaciones de proteínas y polímeros pseudoplásticos para desarrollar productos ver-



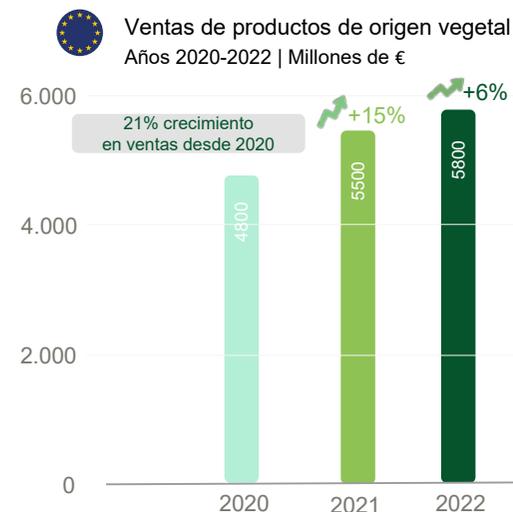
sátiles que pueden reemplazar la carne en diversas aplicaciones culinarias. Esta *startup* ubicada en Barcelona ha recaudado una financiación cercana a los 6 millones de euros.

## ENTORNO EMPRESARIAL

En cuanto a las ventas en el sector de productos elaborados a base de plantas, después de Alemania (817 millones de euros), España representa el segundo país más destacado de Europa con ventas de 448 millones de euros, por delante de otros países líderes de la economía de la UE como Italia (425 millones de euros), Francia (355 millones de euros), Países Bajos (291 millones de euros) y Bélgica (134 millones de euros). Para asegurar el éxito del desarrollo de estas alternativas, es crucial una sólida investigación y desarrollo tecnológico en este campo, junto con inversiones relevantes tanto del sector privado como del público.

El mercado europeo de alimentos alternativos de origen vegetal ha crecido en torno al 20 % en los últimos tres años, con unas ventas de 5800 millones de euros durante el 2022.

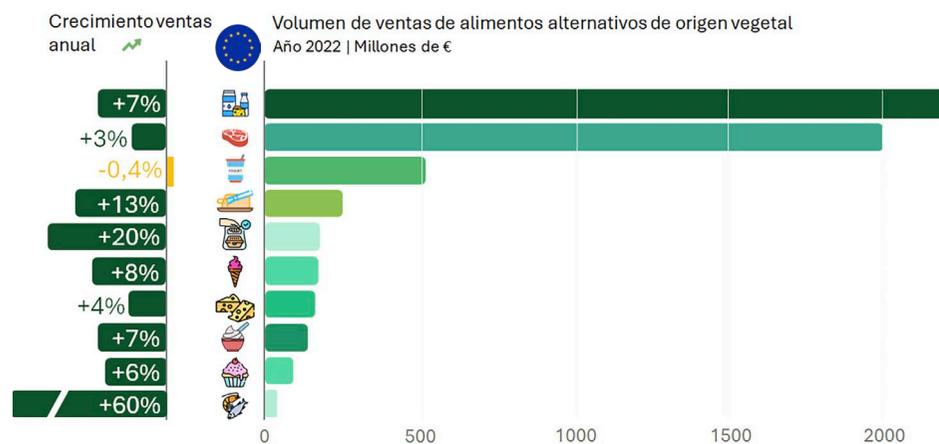
Este sector de nuevos alimentos alternativos basados en vegetales está experimentando un crecimiento significativo en todas sus categorías, con la **bebida vegetal** liderando el mercado en términos de desarrollo y ventas. La carne vegetal sigue aumentando su presencia en el mercado, y los productos del mar y mariscos basados en plantas, aunque aún en una fase de desarrollo temprana, están emergiendo rápidamente como una categoría de rápido crecimiento debido a la alta demanda de alternativas sostenibles y saludables en este subsector.



Fuente: Good Food Institute (2023a) y datos de Crunchbase.

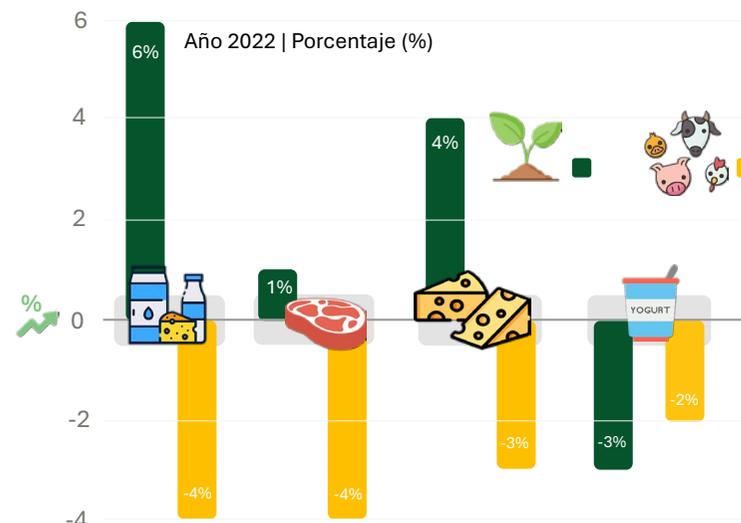
- En 2022, las bebidas de origen vegetal lideraron las ventas de productos basados en plantas con 2200 millones de euros, seguidas de la carne de origen vegetal, que alcanzó los 2000 millones de euros.
- El crecimiento de las ventas de la carne vegetal se ralentizó en 2022, pero si lo tenemos en cuenta de forma bianual desde 2020, se produjo un destacado crecimiento del 19 %.
- Comidas preparadas y margarina basados en vegetales muestran un rápido crecimiento en ventas y aceptación de los consumidores.
- Los mariscos y pescados basados en plantas, aunque son la categoría menos desarrollada, han crecido más del 60 %, con ventas de 43 millones de euros en 2022.

Para disponer de una idea de cómo evoluciona el mercado de los nuevos alimentos alternativos de origen vegetal frente a los tradicionales de origen animal, comparamos los crecimientos relativos anuales en ventas. La observación de los datos de 2022 nos muestra que el porcentaje de las ventas unitarias de las categorías de leche, carne y queso de origen vegetal superó al de las categorías de origen animal, en contraposición a los de productos del yogur, cuyas ventas descendieron en conjunto.



Fuente: Good Food Institute (2023a) y datos de Crunchbase.

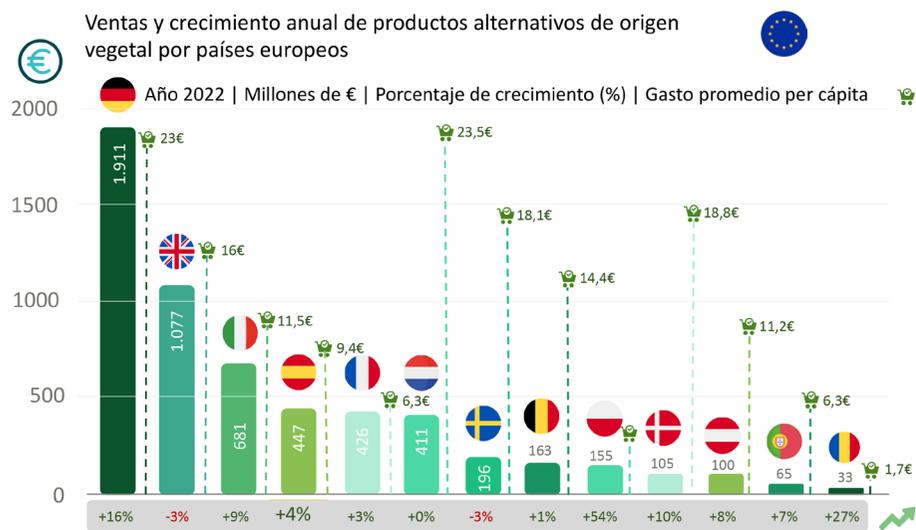
Crecimiento de las ventas de productos de origen vegetal frente a los de origen animal



Fuente: Good Food Institute (2023a) y datos de Crunchbase.

Haciendo un análisis por países, se puede observar que Alemania tiene la mayor aceptación por parte de los consumidores al mostrar el mayor volumen de ventas en Europa, junto a los Países Bajos (ligeramente por encima de Alemania), que tienen el mayor gasto medio per cápita en alimentos alternativos de origen vegetal, aunque su volumen de ventas global no sea tan destacado.





Fuente: Good Food Institute (2023a) y datos de Crunchbase.

En cuanto al **mercado español** de proteínas alternativas de origen vegetal, observamos que ocupa un destacado papel en el sector agroalimentario, con una valoración de 447,4 millones de euros. En el periodo comprendido entre 2020 y 2022, se ha observado un significativo incremento en las ventas, aproximadamente un 4 %, lo que sitúa a España entre los principales países en términos de ventas, solo superado por Alemania, con ventas que ascienden a 1911 millones de euros; el Reino Unido, con 1077 millones de euros, e Italia, con 681.

A estos 447,4 millones de euros hay que sumar las ventas de alternativas vegetales a yogures y postres, que, según estimaciones de Alimarket, rondarían los 80-90 millones de euros adicionales.

Dentro de este sector, la categoría de bebidas de origen vegetal se destaca por su crecimiento sostenido en el mismo intervalo de tiempo, erigiéndose

como la más desarrollada a nivel nacional con unas ventas que alcanzaron los 352,8 millones de euros en el año 2022, lo que supone el 66 % de las ventas totales de alimentos de origen vegetal.

Por otra parte, es importante señalar que, aunque las ventas de productos cárnicos alternativos de origen vegetal experimentaron un descenso en el año 2022, deteniéndose en 84,7 millones de euros, esta categoría experimentó un crecimiento global del 25 % en el lapso de dos años.

Finalmente, aunque los productos del mar alternativos de origen vegetal se identifican como una de las categorías menos desarrolladas, se puede observar como una de las tasas de crecimiento más aceleradas (en torno al 60 %), registrando ventas por valor de 1,7 millones de euros en el año 2022.

Es destacable que, pese al actual contexto inflacionario, la oferta de nuevos alimentos de origen vegetal sigue mostrando cifras positivas en nuestro país y un crecimiento superior al 30 % en el registro de nuevos lanzamientos de productos anuales.

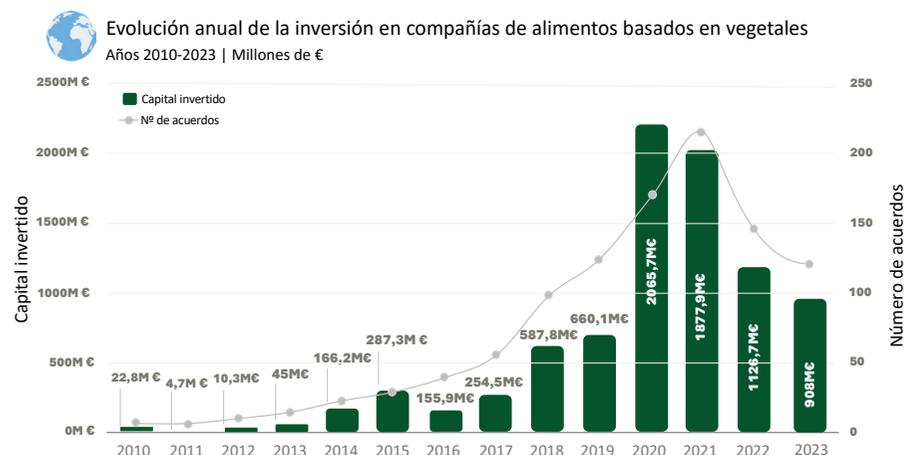
## SECTOR PRODUCTIVO | INVERSIONES

Entre 2010 y 2022, las empresas de proteínas alternativas de origen vegetal a nivel mundial recaudaron en torno a 8 mil millones de euros, con un alto crecimiento anual promedio, aunque con fluctuaciones significativas. Esta tendencia de rápido crecimiento se desaceleró en 2022, reflejando una disminución en la financiación para proteínas y alimentos alternativos basados en vegetales, en línea con una desaceleración generalizada en la inversión en múltiples sectores.

En 2023, este sector sumó un total en torno a los 900 millones de euros en inversiones, lo que representa una disminución del 19,4 % respecto a 2022, una tasa



de declive más baja que la financiación global de capital de riesgo. En general, se notó una reducción en las inversiones debido a condiciones macroeconómicas y de mercado difíciles, como la caída de los mercados de renta variable, el aumento de las tasas de interés, los efectos de la pandemia, la guerra de Ucrania y eventos climáticos extremos, entre otros.



Fuente: Good Food Institute (2023a) y datos de Crunchbase.

Sin embargo, aunque la financiación general sufrió una desaceleración, se produjo un destacado aumento en algunas regiones, con incrementos destacados en Asia-Pacífico y fundamentalmente en Europa. La capitalización de empresas de alimentos basada en vegetales en Europa aumentó por segundo año consecutivo en torno a los 490 millones de euros en 2023, un aumento del 74 % respecto al año anterior, marcando el total anual más alto para la región hasta la fecha. Por primera vez, las inversiones europeas en este sector

representaron más de la mitad de todo el capital invertido en esta industria para el año en cuestión.

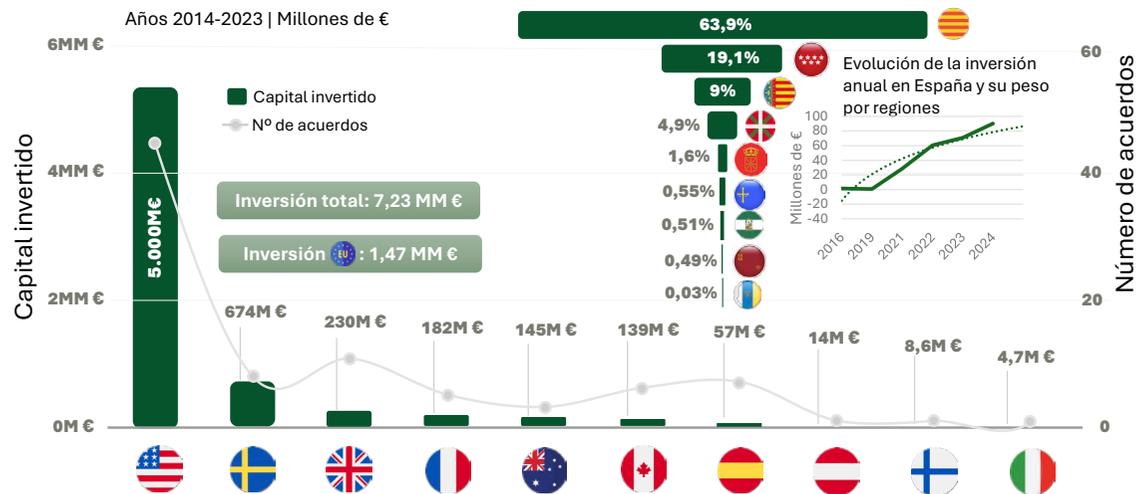
A pesar de este panorama desafiante, las proteínas y nuevos alimentos alternativos siguen siendo una oportunidad importante desde el punto de vista ambiental, social y de gestión de políticas, lo que ofrece un potencial alcista para los inversores y la industria. En las distintas cumbres del cambio climático y biodiversidad, los países se han comprometido a reducir a la mitad las emisiones y proteger el 30 % de los ecosistemas terrestres y oceánicos globales para 2030. Con solo siete años por delante, invertir en formas alternativas de producir alimentos tradicionales como son la carne, mariscos, huevos y lácteos parece tener un potencial en términos de capital para abordar el cambio climático<sup>7</sup>.



<sup>7</sup> Un informe de BCG y Blue Horizon afirma que «la inversión en proteínas a base de plantas tiene el mayor ahorro de equivalente de dióxido de carbono por euro de capital invertido de cualquier sector».



Inversiones en startups en alimentos alternativos a la carne y mariscos de origen vegetal: Top 10 principales países | Distribución por CCAA en España



Fuente: Good Food Institute (2023a) y datos de Crunchbase<sup>8</sup>.

Si desagregamos las cifras de evolución anual y las concentramos por países durante una ventana temporal de ocho años, se observa claramente que Estados Unidos lidera la inversión de capital en empresas de innovación en alimentos alternativos de origen vegetal, con una cantidad marcadamente superior al resto, lo que lo convierte en un país tractor en este tipo de innova-

ciones. Sin embargo, como ya se mencionaba anteriormente, la zona europea ha comenzado a despegar y Suecia junto con Reino Unido también comienzan a destacar, si bien en una escala menor, seguidos de Francia y España con un crecimiento destacable de inversión en los últimos cuatro años y contribuyendo significativamente a este sector emergente.

En particular, el caso de España muestra una tendencia marcadamente ascendente en los últimos cuatro años y una distribución variada de la inversión en las distintas regiones del país. La región más destacada, con un 64 % de la inversión total, es Cataluña, lo que sugiere un ecosistema de innovación alimentaria particularmente robusto en esa área. En segunda posición se encuentra la Comunidad de Madrid, con un 19 %, seguida de la Comunidad Valenciana con un 9 %. Estos datos indican que hay una concentración de la inversión en ciertas áreas, lo que podría reflejar un clima de negocios favorable, la presencia de políticas de apoyo a la innovación, o la existencia de infraestructuras que faciliten el desarrollo de estas industrias en esas comunidades. Las inversiones en otras regiones de España son notablemente menores, lo que podría señalar oportunidades para fomentar el crecimiento en esas áreas.

Aunque la industria de proteínas y alimentos alternativos basados en plantas está en etapas todavía de crecimiento, enfrenta importantes desafíos, como la innovación y la optimización de la producción para mejorar el sabor y el precio accesible de

<sup>8</sup> Los datos utilizados en este informe, fundamentalmente para el caso español y sus diferentes regiones, han sido obtenidos a partir de estimaciones de la base de datos de Crunchbase mediante la búsqueda de empresas detectadas con los criterios de actividad en torno al sector de nuevos alimentos alternativos a la carne, el huevo y los lácteos a base de plantas. El número de acuerdos es una estimación a partir de estos datos recopilados. Para los fines de este informe, el capital invertido/inversión se refiere a la financiación privada a partir de los datos aportados por las aceleradoras e incubadoras, financiación de *business angels*, financiación inicial, financiación de capital y *crowdfunding*, capital de riesgo en etapas tempranas, etapas avanzadas, etc., focalizando los datos sobre el capital privado. Se han tenido en cuenta las localizaciones de las empresas de manera recurrente si tienen varias sedes en distintas regiones.



los productos. Se espera un aumento en las ventas y las inversiones a medida que las condiciones del mercado se normalicen. Parece probable que las *startups* y pymes innovadoras reciban apoyo de grandes empresas alimentarias y proveedores de servicios alimentarios a través de lanzamientos y asociaciones, lo que también reducirá los riesgos para los inversores. El número de inversores en este sector aumentó un 17 % en 2022 en el mercado global.

## ECOSISTEMA INNOVADOR NACIONAL

España se distingue de otros países en esta área de innovación agroalimentaria por su rica combinación de recursos, que, además de un amplio ecosistema de empresas agroalimentarias, también incluyen una sólida red de centros de investigación y tecnológicos dedicados en conjunto, no solo a la investigación en este ámbito, sino a la puesta en valor de ese conocimiento y al desarrollo de productos que no solo cumplen con las exigencias sensoriales, sino también con las nutricionales. En esta sección, se explora el potencial español y de la región de Madrid en el campo de la innovación y desarrollo de alimentos proteicos alternativos basados en vegetales.

El crecimiento destacado del mercado español de este tipo de productos a base de plantas se atribuye al impulso generado por diversos actores innovadores en este ecosistema, entre otros factores, al efecto tractor que han generado *startups* disruptivas, como es el ejemplo de Heura Foods. Esta empresa se ha erigido como líder en la lucha contra el consumo de carne, contribuyendo significativamente a la evolución de este subsector. Su éxito se sustenta en una valiosa estrategia de *marketing* y una destacada participación de una comunidad de seguidores que ha conseguido fidelizar. Esta compañía continúa expandiéndose a nivel internacional, lanzando productos innovadores a lo largo de su cartera. Ya en sus inicios ha sido un caso de éxito destacado por su aceptación

e interés acaparado por los inversores, de tal manera que Heura logró recaudar el 20 % de una ronda de financiamiento de 16 millones de euros, captando 4 millones de euros en tan solo 24 horas a través de su campaña en la plataforma de *crowdfunding* Crowdcube. Con una inversión acumulada cercana a los 90 millones de euros, Heura se ha expandido a nivel internacional y se ha posicionado como una de las *startups* de nuevos alimentos a base de plantas con mayor crecimiento en Europa en los últimos cinco años. Este impulso ha dado cabida en el ecosistema a otros actores en etapas más tempranas de desarrollo, pero cada vez con mayor protagonismo y que constituyen destacados casos de éxito. Entre ellos cabe mencionar los siguientes:

- **NovaMeat**, que utiliza tecnología avanzada para desarrollar carne vegetal que imita la textura de la carne real.
- **Calabizo**, que ofrece embutidos veganos elaborados a base de calabaza, destacándose por su sabor auténtico y su enfoque en ingredientes naturales.
- **Rollito Vegano**, que se especializa en rollitos de primavera veganos, combinando sabores tradicionales y técnicas innovadoras en un formato de elaboración cómoda.
- **Hello Plant Foods** se centra en productos cárnicos a base de plantas que no solo imitan la textura y el sabor de la carne, sino que también están enriquecidos con nutrientes.
- **Vegetalia**, que produce una amplia gama de productos vegetarianos y veganos, enfocándose en la sostenibilidad y la calidad orgánica de sus ingredientes.
- **Fabulous Farm**, empresa que innova con hamburguesas y salchichas veganas que destacan por su excelente sabor y textura jugosa, usando únicamente ingredientes vegetales.



- **Thunder Vegan** ofrece alternativas a la carne diseñadas para ser sabrosas y satisfactorias, con un enfoque en la textura crujiente y sabores audaces.
- **Let It V Foods** destaca por el desarrollo de beicon vegano con textura y sabor similares al tradicional.

A pesar de que este subsector solamente representa en torno al 3 % de los más de 33 mil millones de euros de la industria cárnica tradicional en España en 2023 (el cuarto sector manufacturero más grande del país), los nuevos alimentos de origen vegetal alternativos a la carne son la categoría de más rápido crecimiento. No sorprende que las empresas cárnicas estén mostrando un gran interés en la distribución de estas alternativas y que productores de carne tradicionales hayan mostrado interés en invertir en estas nuevas *startups*. Destacan los casos de Campofrío, El Pozo y Noel, que han incorporado productos a base de plantas en sus carteras de productos actuales. Además, algunas otras, como el caso de Zyrcular Foods, fundada por el productor de carne Grupo Vall Companys, han construido la primera fábrica dedicada exclusivamente a la producción de proteínas alternativas de origen vegetal, lo que les ha permitido distribuir productos a nivel nacional e internacional. Otro caso relevante es el del fabricante Grupo Dacsa, que construyó recientemente una fábrica en Zamora, la primera planta de proteína texturizada húmeda a partir de guisante en España.

También desde los centros de investigación están contribuyendo a enriquecer este ecosistema mediante el desarrollo de nuevas soluciones. Es el caso de la marca Leggie (iLike Food Innovation), una *spinoff* que ha surgido de uno de los centros de investigación del CSIC (CIAL) junto con la Universidad Francisco de Vitoria (UFV), en la que desarrollan un análogo de carne a base de plantas que tiene menos grasas saturadas y más fibra. Asimismo, el centro de desarrollo tecnológico FUDin (antiguo CTIC-CITA) también ha creado un

análogo a la carne, VEGGIAN®, que ha transferido el conocimiento a la empresa Alimentos Sanygran y ha ampliado su planta piloto de texturización de proteínas para incluir la extrusión húmeda para su desarrollo.

Una tecnología en desarrollo en España, particularmente en el ámbito tecnológico, es la bioimpresión. Dos *startups* destacadas en este campo son Cocuus y Novameat. Cocuus ha creado la plataforma patentada Meatmethica, diseñada para producir alimentos mediante bioimpresión 3D, lo cual permite la fabricación a gran escala de proteínas alternativas como chuletas, secreto ibérico, fuagrás y beicon. Utilizan tomografía computarizada para replicar la estructura celular, fibras y veteado de grasa de piezas animales. Por su parte, Novameat, surgida de la investigación en la Universidad Politécnica de Cataluña, aplica conocimientos biomédicos para desarrollar carne alternativa mediante bioimpresión 3D, logrando productos que imitan la textura y sabor de la carne tradicional. Han colaborado con chefs del restaurante Disfrutar, con tres estrellas Michelin, para perfeccionar sus productos.

España lidera el mercado europeo en ventas per cápita de alternativas vegetales a los productos lácteos, destacando las leches de avena (125 millones de euros), soja (91 millones) y almendra (57 millones). La leche de avena muestra el mayor crecimiento, con un incremento del 25 % en ventas. Entre los actores clave, destacan grandes industrias como Pascual, con su marca Vivesoy, y Liquats Vegetals, fabricante de la marca Yosoy, que ha ganado cuota de mercado con productos sin aditivos ni azúcares añadidos.

El ecosistema de *startups* también está impulsando el sector, con empresas como Väckä, Vegetaleso, Veggie Karma, Fermento Vegano, La Carleta y Mommus, que desarrollan quesos a base de plantas y frutos secos. En el ámbito de los helados, compañías como Pink Albatross, 4U Free From (Grupo Alacant) y Quinoa Real elaboran productos con ingredientes como la quinoa.



Estas iniciativas cuentan con el respaldo de instituciones públicas, como el proyecto FerVeLact, financiado por el Instituto Valenciano de la Competitividad Empresarial (IVACE) y desarrollado por AINIA, que utiliza recursos vegetales locales como chufa, almendra, lino y altramuz.

Ante estos avances, las grandes empresas del sector refuerzan su posición. Danone, por ejemplo, ha invertido 12 millones de euros en su planta de producción de alimentos vegetales en España, y ha incorporado la marca Alpro a su cartera. Pascual Innoventures, filial de Pascual, ha lanzado Mylkubator, el primer programa global de incubación para tecnologías de agricultura celular en la industria láctea, seleccionando ocho proyectos disruptivos a nivel mundial en colaboración con Eatable Adventures y CNTA.

Aunque en una fase emergente, los productos veganos de pescado y mariscos representan una categoría de interés creciente en España, con un alto potencial, dada la relevancia del pescado en la dieta local. Varias *startups* ya están desarrollando alternativas, y se espera un crecimiento en los próximos años. Un ejemplo es La Sirena, que distribuye análogos de pescado a base de plantas bajo su marca Veggirena, fabricados por Zyrcular Foods, como hamburguesas de bacalao y merluza elaboradas con proteínas alternativas. Mimic Seafood, por su parte, emplea la variedad exclusiva de tomate Fingerino, desarrollada por Semillas Fitó, para imitar el atún a base de plantas. Además, Sun-Rose Invest (con sede en CM) distribuye en España productos como Sashimi Vegano, No Tuna y No Salmon, de Vegan Zeastar.

La impresión 3D también está siendo utilizada para desarrollar alternativas más realistas, como es el caso de Cocuus, que trabaja en la creación de réplicas de salmón, atún, ostras y camarones mediante bioimpresión 3D.

En 2023, los avances en las proteínas vegetales en España han permitido escalar tecnologías para aumentar la producción y posicionar al país como un líder en el mercado internacional de estas alternativas.

La **Comunidad de Madrid** contribuye al ecosistema de empresas innovadoras con una sólida red de centros de I+D, como se mencionó anteriormente. La región se ha consolidado como un polo atractivo para la actividad empresarial en este sector, impulsada por un creciente número de consumidores de nuevos alimentos. Este entorno favorece la colaboración entre actores relevantes, como Newind Foods, surgida de la alianza entre Aviko y Eurofrits, que produce alimentos 100 % vegetales en una planta con capacidad de 18.000 toneladas anuales. Otro ejemplo destacado es Zyrcular Foods, líder en proteínas alternativas, con sede en Madrid<sup>9</sup> y fábrica en Seva (Barcelona), cuya misión es promover la adopción de proteínas sostenibles a través de un enfoque integral que abarca desde la concepción hasta la distribución, con un firme compromiso con la innovación y la nutrición.

Un caso destacado es Hello Plant Foods, ubicada en Villanueva de la Cañada (Madrid), dedicada a la producción de alternativas vegetales a la carne. Sus productos, como Hello Fuh! (una versión vegana del fuagrás), Hello Burger y Hello Bacon, se distinguen por imitar las cualidades organolépticas de la carne, con un enfoque en la sostenibilidad y asequibilidad. Otros ejemplos notables incluyen iLike, nacido de investigaciones en el CSIC (CIAL); RevoluGreen y Vegammy, obradores especializados en productos a base de proteína vegetal; y Thunder Vegan, un restaurante de comida rápida vegana conocido por su menú de estilo americano, que incluye hamburguesas veganas y filetes de «pollo» de seitán. Todos ellos representan una oferta de nuevos alimentos alternativos que ya están en fase de comercialización.

<sup>9</sup> ZYRCULAR FOODS S.L. ([einforma.com](http://einforma.com)).



En el caso de los productos lácteos, la región de Madrid también tiene ejemplos consolidados de desarrollo empresarial, como es el caso de Vivesoy, una marca bajo la empresa Calidad Pascual, conocida por su variedad de bebidas vegetales como la leche de soja. La marca se destaca por enfocarse en productos que son tanto saludables como accesibles, apostando por ingredientes de origen local. La empresa Pink Albatross es una innovadora empresa de helados de origen vegetal sin aditivos artificiales que pone su interés en la calidad y la experiencia sensorial de sus helados. Desde su lanzamiento en Madrid, ha

recibido una excelente acogida por parte de los consumidores, expandiendo rápidamente su disponibilidad en el mercado.

En cuanto a alternativas a productos del mar, también hay ejemplos destacados de empresas innovadoras como son L'Otra Mediterranean Food, con sus filetes de pescado y alternativas al calamar y gambas (aunque también desarrolla productos alternativos a la carne), o la empresa Mimic Seafood, con sus productos Tunato®, Aubergeel® y Roemato® como alternativas vegetales al atún crudo, a la anguila y a las huevas de salmón.



Fuente: Elaboración propia.



## RETOS DE INNOVACIÓN

Los **principales desafíos** a los que se enfrentan las innovaciones en este ámbito tecnológico del desarrollo de las alternativas de origen vegetal consisten en recrear la apariencia, la textura, el sabor y las características organolépticas de los productos tradicionales cárnicos, lácticos, ovoproductos o marisco. Si bien es más probable que los consumidores vegetarianos y veganos acepten alternativas de origen vegetal que carecen de propiedades sensoriales similares a las de productos tradicionales, los consumidores omnívoros y flexitarianos prefieren alternativas que se parezcan lo más posible a los productos tradicionales<sup>10,11</sup>. El sabor parece ser clave en la elección por los consumidores, por lo que este es uno de los mayores desafíos en las innovaciones en este sector. Curiosamente, los consumidores encuentran las alternativas vegetales más convincentes cuando imitan productos tradicionales procesados (hamburguesas, salchichas, *nuggets*, etc.) que cuando imitan carnes no procesadas (por ejemplo, filetes). Probablemente esto se deba a que la textura de las carnes procesadas es más fácil de replicar que la compleja matriz de la carne no procesada.

Las proteínas vegetales requieren un alto grado de procesamiento y manipulación para replicar las propiedades sensoriales de la carne, lo que puede generar rechazo entre los consumidores<sup>12,13</sup>. Diversos estudios, basados en encuestas, señalan que las principales razones para no incrementar el consumo de alternativas proteicas son la percepción de que están «demasiado procesadas» y «demasiado saladas» en el grupo que probablemente no las compraría. Asimismo, entre quienes sí

considerarían adquirir estos productos, la presencia de «demasiados conservantes» se identifica como uno de los principales factores disuasorios.

Las alternativas a la leche enfrentan desafíos sensoriales similares. Distintos estudios destacan que es esencial mejorar la experiencia sensorial de estas alternativas sin aumentar los niveles de grasas y azúcares más allá de lo aceptable e igualar el valor nutricional de la leche. Para compensar posibles deficiencias nutricionales, se aplica a estos productos una fortificación con vitaminas y aminoácidos. Además, la fermentación de alternativas a la leche mejora la percepción sensorial y proporciona sabores volátiles deseables<sup>14</sup>. Uno de los focos de atención para innovar en estos productos es el desarrollo de cultivos iniciadores con distintos microorganismos y la experimentación con distintas cepas de probióticos.

Otro de los grandes retos que aborda la industria alimentaria en la innovación de estos nuevos alimentos es el del medioambiente y sostenibilidad, con la necesidad de transitar hacia sistemas agrícolas y alimentarios más sostenibles debido a desafíos actuales y futuros como el crecimiento demográfico, el cambio climático y la competencia por recursos naturales. Se discuten diversas alternativas a la carne y productos lácteos, destacando la importancia de evaluar su impacto ambiental y nutricional. Aunque las alternativas de origen vegetal pueden ser menos dañinas para el medio ambiente, su sostenibilidad sigue siendo objeto de debate.

A nivel tecnológico, el procesamiento industrial de alimentos alternativos basados en plantas enfrenta varios desafíos clave: la optimización de cultivos

<sup>10</sup> Michel *et al.* (2021).

<sup>11</sup> Reipurth *et al.* (2019).

<sup>12</sup> Clune *et al.* (2017).

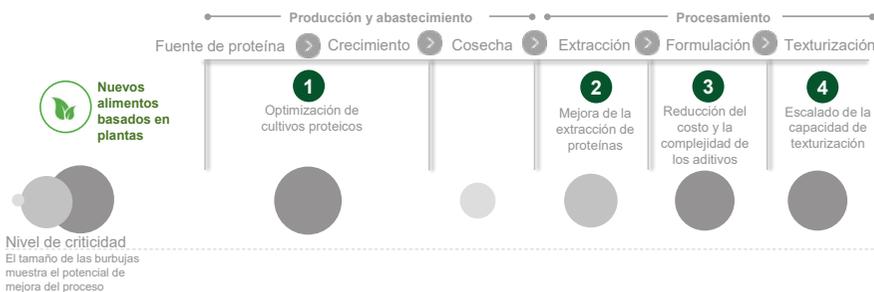
<sup>13</sup> Soret *et al.* (2014).

<sup>14</sup> Tangyu *et al.* (2019).



proteicos, la mejora en los procesos de extracción de proteínas, la simplificación de las formulaciones y el escalado de las etapas de texturización. Estas limitaciones contribuyen a que los precios sigan siendo un obstáculo para los consumidores, dado que el coste de las proteínas vegetales es aproximadamente el doble del de las proteínas animales convencionales. Para mejorar esta relación de costes, la industria debe optimizar y escalar cada fase del proceso. El abastecimiento eficiente y el aumento de la producción son esenciales para la fabricación a gran escala, mientras que mejorar los procesos de extracción, formulación y texturización permitirá una reducción significativa de los costes.

**Priorización de los puntos críticos para definir los retos de innovación en el proceso de desarrollo de nuevos alimentos basados en plantas**



Fuente: Witte *et al.* (2021).

**1. Optimización de los cultivos de proteínas:** Esta etapa es clave para avanzar hacia una producción sostenible de alternativas proteicas. Actualmente, las variedades de soja predominantes están orientadas principalmente a la alimentación animal y no han sido optimizadas para cumplir con los estándares de la industria de proteínas alternativas para consumo humano. Es fundamental el desarrollo de nuevas variedades de leguminosas,

como soja o guisante, que se ajusten mejor a las exigencias nutricionales y organolépticas del mercado humano, con menos compuestos de color y sabores no deseados, lo que reduciría la necesidad de aditivos en el producto final. Además, es crucial aumentar los rendimientos por hectárea de proteínas obtenidas de estos cultivos, lo que disminuiría el uso de recursos y, en consecuencia, el coste final de la extracción proteica.

**2. Mejora de los procesos de extracción:** El proceso de extracción de proteínas a partir de cultivos está avanzando en términos de sofisticación técnica y escalado, pero aún requiere mejoras y expansión. Factores críticos, como el pH del agua utilizada en la extracción y el secado, pueden influir significativamente en la calidad del producto final, incluyendo la aparición de sabores no deseados. Mejorar estos procesos de extracción también podría reducir la dependencia de aditivos químicos, que resultan costosos y poco atractivos para los consumidores. Asimismo, un factor clave para reducir costes sería encontrar usos alternativos para el reciclaje de subproductos generados durante el proceso.

**3. Reducción de la complejidad de los aditivos:** La producción de proteínas alternativas a partir de plantas depende en gran medida de la selección adecuada de ingredientes complementarios a la proteína extraída. Para lograr una paridad tanto en costos como en propiedades organolépticas con las proteínas tradicionales, es esencial el desarrollo de nuevos ingredientes que mejoren el sabor y la textura. Dado que los consumidores demandan productos completamente libres de ingredientes de origen animal, es necesario innovar en sustitutos para agentes aglutinantes como la gelatina y las claras de huevo. Además, estos nuevos productos deben contener la menor cantidad posible de aditivos, lo que ha generado un



rechazo hacia ingredientes como la metilcelulosa, un agente aglutinante químico utilizado en diversas industrias. En respuesta, el sector está invirtiendo en la investigación de alternativas basadas en extractos de plantas para reemplazar sabores artificiales y otros aditivos.

**4. Capacidad de escalado de la etapa de texturización:** El paso final en la producción de proteínas alternativas basadas en plantas es la creación de la textura adecuada, proceso que se realiza principalmente mediante la extrusión del producto formulado a través de una placa perforada o matriz diseñada para conferir la estructura y forma deseadas. La extrusión de alta humedad permite obtener productos estructurados, como trozos de pollo,

mientras que la de baja humedad produce gránulos más pequeños que, una vez rehidratados, se transforman en hamburguesas y otros productos.

La texturización eficiente de estas proteínas alternativas sigue siendo un reto en el proceso industrial, representando un cuello de botella. Los proyectos piloto destinados a innovar en estas etapas son costosos y requieren grandes volúmenes de producción para ajustar los múltiples parámetros necesarios para perfeccionar la textura final.

En contraste, los productos lácteos, huevos y quesos de origen vegetal, *a priori*, no requieren texturización. Por tanto, alcanzar la paridad en estos productos dependerá de la adopción de cultivos de proteínas optimizados y mejoras en los procesos de extracción y formulación.



## 2. NUEVOS ALIMENTOS PROTEICOS BASADOS EN FERMENTACIÓN

### RESUMEN

### ESTADO ACTUAL DE DESARROLLO TECNOLÓGICO

### ENTORNO DE LA I+D

Evolución de la capacidad investigadora

Áreas de investigación más activas

Áreas de investigación emergentes

Organizaciones con mayor actividad investigadora

Ámbitos más frecuentes de investigación

Patentes

Entorno empresarial

Sector productivo | Inversiones

Ecosistema innovador nacional

Retos de innovación

## 2. Nuevos alimentos proteicos basados en fermentación



### RESUMEN

Dentro del panorama de las proteínas alternativas, la fermentación continúa ganando impulso como una tecnología habilitadora con gran potencial de crecimiento. Se está aprovechando la fermentación para mejorar los atributos sensoriales y funcionales que pueden acercar las proteínas alternativas a alcanzar la paridad de sabor y textura con los productos de origen animal convencionales. La fermentación en este contexto se podría definir como el uso de hongos unicelulares, bacterias, microalgas u otros microorganismos como plataforma de producción para modificar o producir proteínas, grasas u otros ingredientes funcionales.

Mientras que la fermentación es una tecnología ya madura, sus aplicaciones para productos de proteínas o alimentos alternativos están en las primeras etapas de desarrollo. A medida que los productos derivados de la fermentación llegan al mercado como parte de un cambio global alejado de las proteínas basadas en animales, las empresas están promocionando estos productos no solo con el sabor mejorado, la funcionalidad y la nutrición, sino también au-

mentando sus parámetros de sostenibilidad. El ecosistema de esta tecnología creció en los últimos cinco años con nuevos proveedores, líneas de negocio, instalaciones para la fabricación y aplicaciones, así como inversiones con una tendencia en crecimiento.

El mayor obstáculo que enfrentará la fermentación de proteínas alternativas durante la próxima década será la capacidad de escalado en su fabricación. A fin de asegurar que la capacidad sea suficiente para satisfacer el aumento proyectado en la demanda de productos y consumidores, se requiere una inversión significativa que permita a las empresas escalar y reducir costes.

Hay tres tecnologías principales para utilizar la fermentación en la industria de las proteínas alternativas:

1. **Fermentación tradicional**, mediante el uso de microorganismos vivos intactos para modular y procesar ingredientes de origen vegetal. Es una técnica utilizada desde hace milenios para producir alimentos como pan y cerveza, con lo que se consigue mejorar las características sensoriales y nutricionales.
2. **Fermentación de biomasa**, que aprovecha el rápido crecimiento y el alto contenido de proteínas de muchos microorganismos para producir eficientemente altas cantidades de proteínas.



3. **Fermentación de precisión**, que cobra una cada vez mayor importancia como una tecnología emergente que permite la producción de ingredientes alimentarios funcionales, utilizando microorganismos modificados genéticamente para producir proteínas, enzimas, colorantes y vitaminas.

Más del 80 % de las empresas dedicadas a innovar en los procesos de fermentación para proteínas y alimentos alternativos se han fundado en los últimos cinco años. En este ecosistema empresarial, las asociaciones juegan un papel crucial para el éxito, ya que una colaboración eficaz puede acelerar la comercialización y adopción de estos ingredientes innovadores.

Entre los tres tipos de fermentación, la de precisión representa una gran oportunidad para las empresas que buscan expandirse en el mercado de proteínas alternativas. Esta tecnología permite desarrollar productos innovadores que satisfacen las crecientes demandas de los consumidores en términos de sostenibilidad y ética alimentaria. Este crecimiento facilitará la escalabilidad de los bioprocesos industriales, el desarrollo de nuevos productos y la diversificación de las materias primas, y servirá de efecto tractor para que surjan más empresas. Como resultado, se mejorarán tanto la calidad como el precio de los productos finales, lo que impulsará una mayor adopción de estos nuevos alimentos.

## ESTADO ACTUAL DE DESARROLLO TECNOLÓGICO

En el ámbito de la industria de las proteínas alternativas, los productos de fermentación ofrecen una alternativa completamente libre de ingredientes de origen animal a las proteínas tradicionales. Su beneficio más notable es la capacidad de integrarse en productos de carne cultivada o basados en plantas para mejorar su sabor y textura.

La fermentación en la industria de las proteínas alternativas se refiere al cultivo de organismos microbianos con el fin de procesar un producto alimenticio o un ingrediente alimentario que pueda ser una fuente de proteínas. La fermentación se utiliza de tres maneras principales:

- **La fermentación tradicional** ha sido utilizada durante miles de años para producir productos tan conocidos como el pan y la cerveza. Utiliza microorganismos vivos intactos para modular y procesar ingredientes derivados de plantas, resultando en productos con sabores diferentes, perfiles nutricionales y características organolépticas específicas de este proceso. Algunos ejemplos incluyen el uso del hongo *Rhizopus* para fermentar soja en tempeh y el uso de varias bacterias del ácido láctico para producir queso y yogur. La fermentación tradicional puede mejorar los atributos sensoriales, funcionales y nutricionales de muchos ingredientes de proteínas alternativas. Dado que la fermentación tradicional se usa ampliamente tanto en los sectores de proteínas convencionales como alternativos, las empresas que adaptan de manera efectiva el



proceso de fermentación a sus ingredientes únicos y productos finales tienen más probabilidades de diferenciarse en el mercado de proteínas alternativas.

- **La fermentación de biomasa** aprovecha el alto contenido de proteínas y el rápido crecimiento de los microorganismos para producir grandes cantidades de proteínas de manera eficiente. La fermentación de biomasa ofrece la mayor oportunidad para producir proteínas a gran escala debido a la capacidad de muchos microorganismos para crecer rápidamente, a menudo duplicando su peso en solo unas pocas horas. La biomasa microbiana puede utilizarse directamente como ingrediente alimentario, ya sea con las células intactas o sometidas a un procesamiento mínimo. Puede actuar como el componente principal de un producto o integrarse como uno de varios ingredientes en una mezcla.

Se están investigando diversos microorganismos para su uso en la fermentación de biomasa, incluyendo levaduras, hongos filamentosos y microalgas<sup>1</sup>. Un número creciente de empresas está centrando su atención en las microalgas cultivadas mediante crecimiento heterotrófico, un proceso que utiliza azúcar en lugar de luz solar. Este método es generalmente más rápido y permite el uso de biorreactores estándar, a diferencia del crecimiento fototrófico, que requiere una fuente de luz. Aunque las microalgas se han cultivado comercialmente durante décadas para productos de alto valor, hoy en día existe un creciente interés en explorar el potencial de miles de especies y cepas no comercializadas. Asimismo, se están evaluando y adaptando cepas conocidas para nuevas aplicaciones.

La fermentación de biomasa ha sido utilizada a gran escala desde la década de los ochenta por distintas empresas innovadoras a nivel internacional. Los

procesos, materias primas y clase de microorganismos son los principales factores diferenciales que determinan el éxito empresarial en estos momentos.

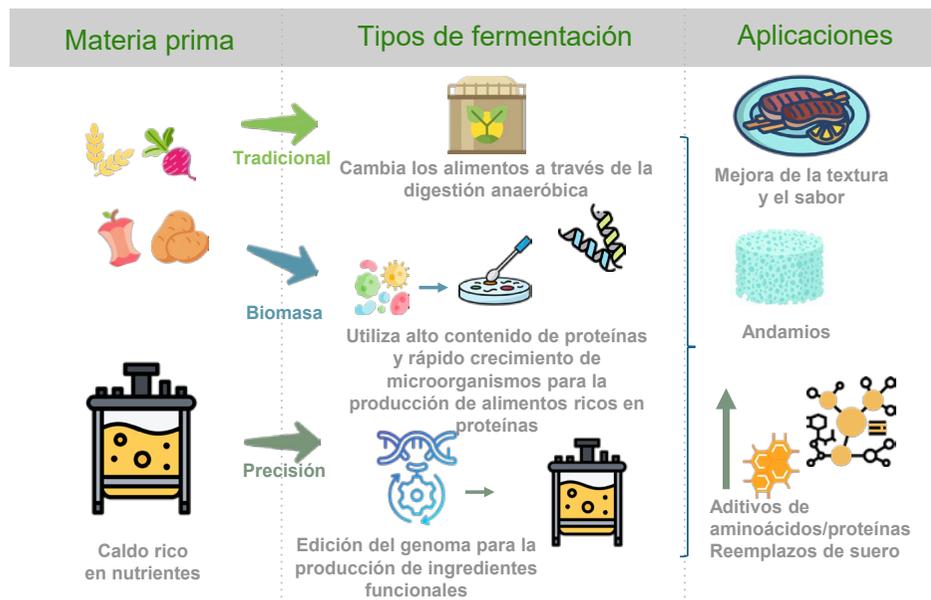
- **La fermentación de precisión** es un proceso especializado que emplea microorganismos como «fábricas celulares» para producir ingredientes funcionales específicos. Esta tecnología permite la producción de proteínas, vitaminas, enzimas, pigmentos naturales y ácidos grasos, posicionándose como una solución ideal para generar ingredientes de alto valor que mejoran las características sensoriales y funcionales de productos vegetales o carne cultivada. Se utiliza para crear ingredientes como proteínas de huevo, lácteas, pepsina, proteínas cárnicas sin animales (incluyendo el hemo) y grasas. Por ejemplo, proteínas como la mioglobina, que aportan a la carne su sabor y aroma característicos, pueden incorporarse en productos vegetales para mejorar la experiencia sensorial y asemejarla a los productos convencionales.

Desde los años noventa, la fermentación de precisión se ha utilizado en la industria alimentaria, comenzando con la producción de quimosina, la enzima principal del cuajo en la fabricación de queso. Ingredientes clave, como la proteína de suero de la empresa Perfect Day o la leghemoglobina<sup>2</sup> de soja de la empresa Impossible Foods, son ejemplos prácticos del impacto de esta tecnología y se distribuyen ampliamente. Sin embargo, el ingrediente objetivo, ya sea quimosina, leghemoglobina, suero, caseína o aceite de palma, puede influir significativamente en la complejidad del proceso de producción, haciendo que las etapas de desarrollo y escalado dependan en gran medida de la naturaleza de dicho ingrediente.

<sup>1</sup> Las macroalgas se consideran un producto basado en plantas (categoría 1), mientras que las microalgas son organismos fotosintéticos que viven como células individuales o pequeños grupos que incluyen bacterias fotosintéticas (cianobacterias o bacterias verdeazuladas) y varios conjuntos de células eucariotas con diversas propiedades. En este sentido, se consideran productos basados en fermentación, ya que tienen muchas ventajas para el cultivo a gran escala en biorreactores o fermentadores similares a las usadas para microbios no fotosintéticos.

<sup>2</sup> Ijaz Ahmad *et al.* (2023).





Fuente: Good Food Institute (2022).

La fermentación es una tecnología inspirada en la naturaleza con aplicaciones diversas en múltiples sectores biotecnológicos. Los alimentos alternativos basados en fermentación necesitan un proceso industrial para obtener un crecimiento más eficiente en materias primas menos costosas, extracción optimizada y formulaciones menos complejas. El proceso comienza con una cepa específica de microorganismo que luego se cultiva en una solución rica en carbohidratos para producir proteína mediante fermentación. Estas incluyen proteínas producidas utilizando bacterias, levaduras, algas unicelulares (microbacterias) u hongos que son saborizados y texturizados para obtener productos comestibles.

Las alternativas basadas en microorganismos no son nuevas. Marlow Foods, del Reino Unido, fundada en 1985, fue la primera empresa en desarrollar un proceso para crear alternativas basadas en microorganismos para consumo humano y ha estado comercializando su producto sustituto de carne, llamado Quorn, desde 1993. Más recientemente, varias empresas, incluida Meati Foods en Estados Unidos, han estado experimentando con hongos filamentosos que pueden generar estructuras fibrosas similares a la carne, e incluso ya se innova en ingredientes para dar el aspecto más similar a las hamburguesas reales, como es el caso de Impossible Foods, desarrollando una molécula llamada hemo, sintetizada a partir de una levadura genéticamente modificada que da su color «sangriento» realista y sabor similar al de la carne.

Estos procesos de fermentación también se utilizan ya para desarrollar sustitutos realistas para huevos y queso, al permitir la producción de proteínas directamente responsables de propiedades físicas específicas; por ejemplo, sustitutos de la clara de huevo espumosa que se pueden usar en aplicaciones como el merengue.

En 2023, la innovación y la introducción en el mercado de proteínas alternativas se amplió notablemente, abarcando una gama de productos que va desde el beicon hasta pasteles de cangrejo. Estos productos se comercializan en una variedad de lugares, que incluyen tanto restaurantes de comida rápida como tiendas de comestibles locales. No obstante, este subsector enfrenta múltiples desafíos críticos que deben ser superados para asegurar su crecimiento y sostenibilidad a largo plazo. Las restricciones de financiación y las dificultades con los procesos de escalado representan dos de los mayores factores críticos y desafíos para la disminución de costes y expansión de la tecnología.

La adopción de estos nuevos alimentos alternativos por parte de los consumidores aún está en sus primeras etapas. Los principales clientes objetivos son



las personas con trastornos alimentarios tales como la intolerancia a la lactosa, quienes pueden encontrar en los productos derivados de la fermentación, como los helados y el yogur, una alternativa más adaptada a sus necesidades nutricionales. Además, la comunidad vegana aprecia las proteínas derivadas de la fermentación por no contener ningún elemento de origen animal.

En cuanto al mercado, las inversiones globales alcanzaron unos 480 millones de euros en 2023, lo que representa un crecimiento del 97 % desde 2013 en términos de CAGR. La mayoría de las inversiones (59 %) se han centrado en la **fermentación de precisión**. Los fondos de inversión y los aceleradores/incubadoras son los inversores más activos en cuanto al número de acuerdos, y el modelo de subvenciones es la financiación preferida.

## ENTORNO DE LA I+D

### EVOLUCIÓN DE LA CAPACIDAD INVESTIGADORA

Al igual que en el primer apartado, se han revisado las publicaciones científicas centradas en los nuevos alimentos, esta vez basados en fermentación, a partir de documentos donde se mencionan estos temas en el título o resumen, utilizando la base de datos de la Web of Science. Se han clasificado las publicaciones en tres niveles para evaluar la producción científica en el ámbito global, nacional y específicamente en la CM.

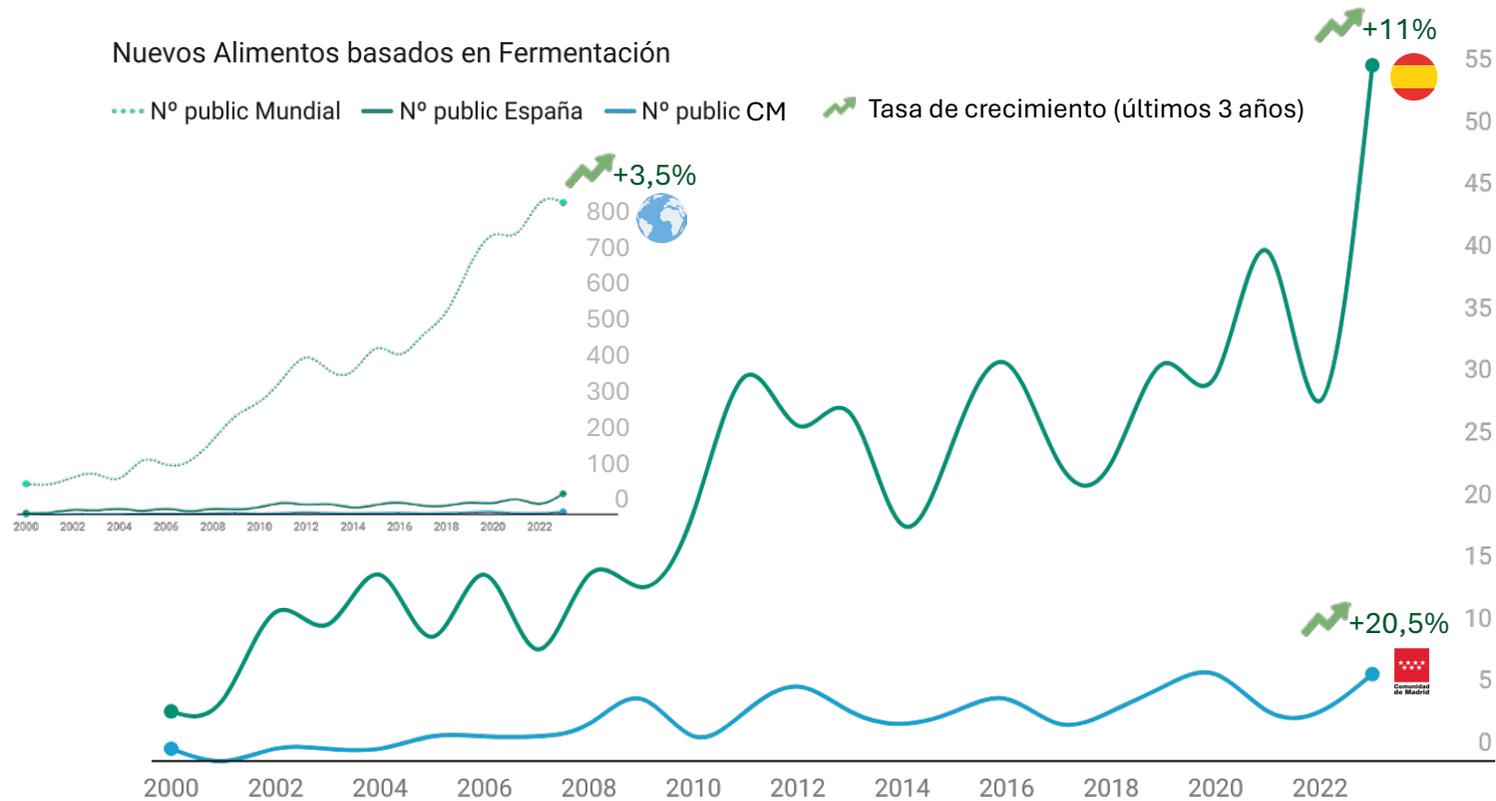
El análisis de estos datos muestra que la evolución anual de las publicaciones científicas ha aumentado de manera gradual desde el origen de la ventana temporal analizada con pequeños descensos que no alteran la tendencia general de incremento desde el año 2000. Aunque España representa compa-

rativamente una fracción pequeña de las publicaciones mundiales (en torno al 5,7 %), la tasa de crecimiento en los últimos tres años muestra un incremento más notable, alcanzando el 11 % frente al más moderado 3,5 % a nivel global. Esto refleja un mayor grado de interés en este ámbito científico en España en los últimos años. Destaca en la región de Madrid un especial interés en los últimos tres años, aunque se muestran patrones de fluctuaciones con variaciones significativas año tras año.

Al examinar la distribución geográfica de las publicaciones científicas sobre nuevos alimentos basados en fermentación, se observa que la mayor concentración de investigación se encuentra en Asia, concretamente en China, que destaca por una importante concentración de actividad investigadora en este ámbito, con un 34 % de las publicaciones científicas detectadas, seguida por Europa y Estados Unidos. Estas regiones muestran ser pioneras en el campo de la fermentación aplicada a la alimentación, lo cual refleja una sólida infraestructura de investigación y un alto nivel de interés en el desarrollo de alternativas alimentarias innovadoras. España se encuentra entre las primeras regiones con importante actividad científica, con un 5 % de todas las publicaciones, que la sitúan en el sexto lugar, aunque lejos de Asia por volumen de producción científica total. Por el contrario, en África y América del Sur, la cantidad de investigaciones es relativamente menor, lo que podría indicar diferencias en las prioridades de investigación o en la disponibilidad de recursos, aunque destaca especialmente Brasil con un 5,6 %. El tamaño de los círculos en el mapa ilustra los centros de intensa actividad investigadora, señalando áreas clave donde se muestra una mayor disposición hacia la adopción y desarrollo de alimentos fermentados como alternativas sostenibles (Ver página 57).



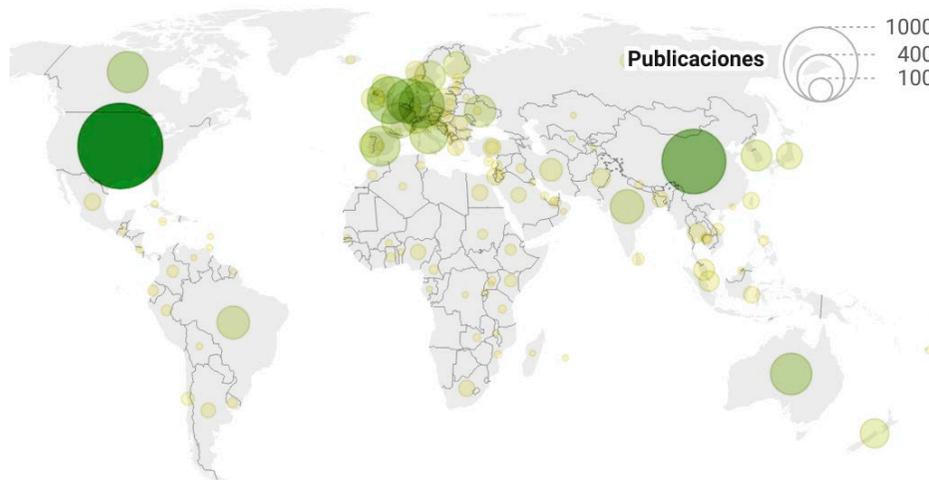
Evolución anual de la producción científica



Fuente: Elaboración propia a partir del análisis de los datos de la Web of Science.  
Creado con Datawrapper.



### Distribución geográfica de la actividad científica



Fuente: Elaboración propia a partir del análisis de los datos de la Web of Science.  
Creado con Datawrapper.

### ÁREAS DE INVESTIGACIÓN MÁS ACTIVAS

De nuevo, el gráfico presentado en la página siguiente muestra la distribución de las publicaciones científicas en España y en la CM en distintas áreas temáticas de investigación desde el año 2000 hasta 2023. Esta comparativa resalta los principales campos de investigación y subraya su relevancia tanto a nivel nacional como regional. Se observan ciertas áreas, como las de microbiología y bioquímica, que, junto con ciencia y tecnología de los alimentos, concentran el mayor volumen de la actividad científica en este sector, lo cual indica la importancia creciente de estos ámbitos en el desarrollo y la innovación de nuevos alimentos basados en fermentación. Sin embargo, en el caso

de los nuevos alimentos basados en fermentación, destacan más las áreas de microbiología y bioquímica que las de alimentos y nutrición, con respecto al caso de las proteínas alternativas basadas en plantas analizado en la primera sección.

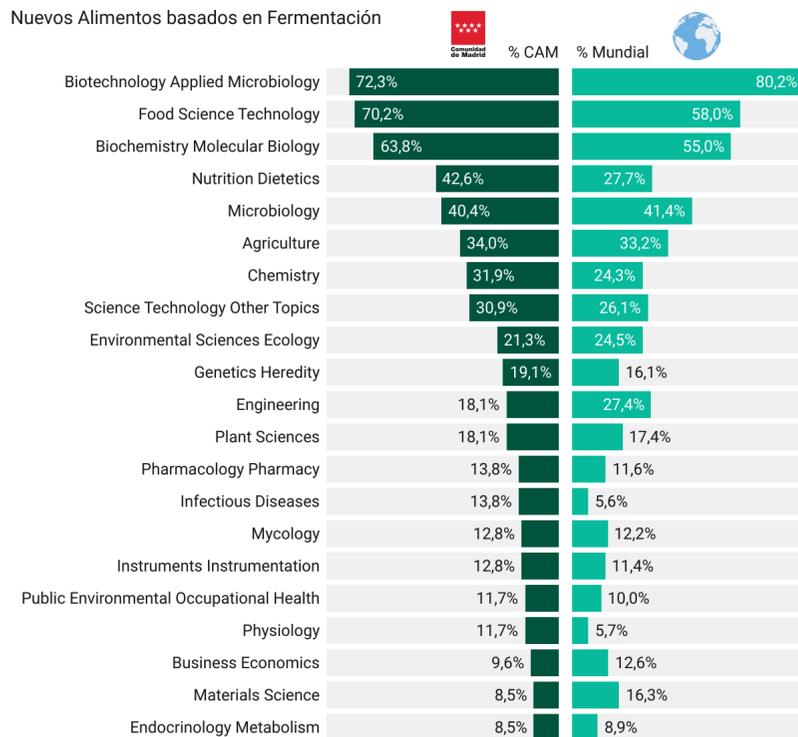
Adicionalmente, las áreas de nutrición y dietética, así como la de agricultura, complementan este panorama, siendo esenciales para comprender las capacidades nutritivas y las aplicaciones agrícolas relacionadas con estos nuevos alimentos.

Los datos reflejan que en la región de Madrid existe una concentración particular de investigación en biología molecular y bioquímica, evidenciando un enfoque dirigido a la comprensión profunda de los mecanismos bioquímicos que subyacen a la fermentación y a la generación de productos alimenticios. Las áreas de nutrición y dietética también muestran una presencia significativa, lo que indica un interés regional en estudiar el impacto de estos alimentos en la salud humana.

El enfoque interdisciplinario reflejado en la diversidad de áreas que intervienen en este campo de la innovación en nuevos alimentos, que abarca desde la ciencia fundamental hasta aplicaciones prácticas que impactan sectores como la salud pública, la ingeniería y hasta la sostenibilidad ambiental y la economía, es la prueba de las necesidades tan amplias en este sector agroalimentario para el desarrollo de nuevas soluciones alimentarias.



### Distribución de las publicaciones por áreas temáticas



Fuente: Elaboración propia a partir del análisis de los datos de la Web of Science. Se muestran solo las áreas que concentran el mayor número de publicaciones. Creado con Datawrapper.

### ÁREAS DE INVESTIGACIÓN EMERGENTES

Esta diversidad de áreas hace pensar en la aparición de áreas emergentes que son resultado de las nuevas necesidades de innovación, y que deben comple-

mentarse con otros campos del conocimiento que tradicionalmente no tienen presencia en las investigaciones realizadas en este ámbito agroalimentario.

Las áreas de la **genética** y la **micología** destacan por su relevancia en este campo, demostrando un interés en explorar los fundamentos genéticos y las potenciales aplicaciones y compuestos provenientes de los hongos para el estudio de nuevos componentes, así como el análisis del proceso de fermentación en el desarrollo de estos nuevos alimentos. Otra de las áreas emergentes que parecen tener una tendencia de crecimiento es la de **ciencia de materiales e instrumentación**, que puede tener que ver con las necesidades de innovación en nuevos compuestos que formen parte y faciliten el escalado de los biorreactores.

Este panorama sugiere que, tanto a nivel nacional como en la región de Madrid, la actividad investigadora sobre nuevas alternativas en alimentos basados en fermentación está bien establecida, con una clara tendencia hacia el aumento en áreas clave y emergentes que apoyan tanto el desarrollo tecnológico como la comprensión científica profunda, posicionando a Madrid como un foco de atracción para la innovación y estudio en este campo estratégico.

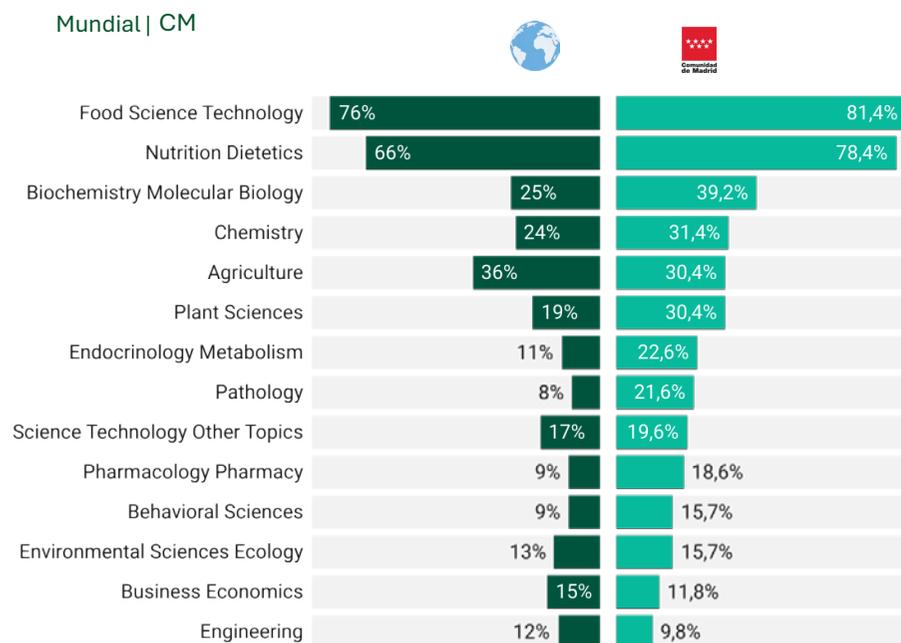
En este sentido, el análisis de la distribución de las publicaciones científicas por áreas temáticas muestra que la CM tiene una participación destacada en comparación con el promedio mundial, particularmente en campos relacionados con la ciencia y tecnología de los alimentos y con la nutrición y dietética. Mientras que, a nivel mundial, el 76 % de las publicaciones se centran en ciencia y tecnología de los alimentos, la CM reporta una tasa superior del 81,4 %. De forma similar ocurre en el área de la nutrición y dietética: Madrid supera con creces el promedio mundial con un 78,4 %, comparado con el 66 % a nivel global.

El presente análisis refleja la preponderancia de la CM en estos campos y sugiere una sólida base de investigación que potencialmente favorece el de-



sarrollo e innovación en nuevos productos alimentarios. La fuerte actividad en estas áreas indica que la CM es un núcleo significativo de investigación científica, especialmente en lo que concierne a la evolución y mejora de los alimentos basados en fermentación y otros métodos alternativos. La especialización regional en estas disciplinas resalta la capacidad de la CM para liderar avances en la industria alimentaria por el ambiente óptimo que ofrece para la investigación y la implementación de nuevas tecnologías y prácticas en el sector agroalimentario.

### Distribución de las publicaciones por áreas temáticas



Fuente: Elaboración propia a partir del análisis de los datos de la Web of Science. Se muestran solo las áreas que concentran el mayor número de publicaciones. Creado con Datawrapper.

### ORGANIZACIONES CON MAYOR ACTIVIDAD INVESTIGADORA

Al analizar las instituciones que lideran la investigación en nuevos alimentos basados en fermentación en la CM, se destaca por encima del resto, y en mayor medida que en la primera sección de alimentos basados en plantas, los institutos situados en Madrid del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), que acapara un notable 65 % de la actividad investigadora en este campo. Esta cifra pone de relieve la posición predominante del CSIC en el desarrollo de tecnologías y estudios relacionados con los nuevos alimentos alternativos basados en fermentaciones. Dentro de la organización destacan el Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos y Nutrición (ICTAN), el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA) y el Instituto de Investigación en Ciencias de la Alimentación (CIAL) como las organizaciones más activas.

Siguiendo al CSIC, la Universidad Complutense de Madrid (UCM) ocupa el segundo lugar con casi un 10 %, demostrando también un compromiso significativo con la investigación en alimentos fermentados. Otras instituciones como el CIEMAT y la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) muestran una participación considerable, con 4,81 y 2,67 % respectivamente, reflejando la diversidad de enfoques y especializaciones dentro de la región.

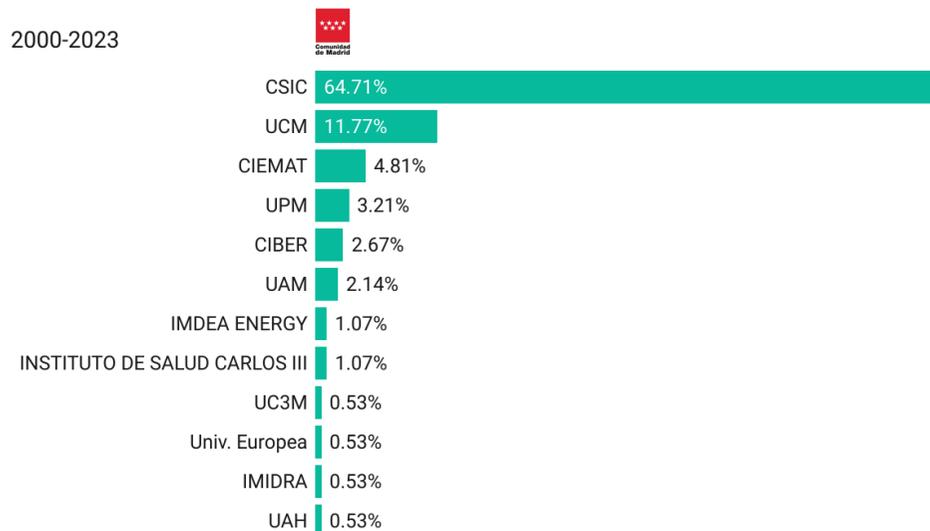
El Centro de Investigación Biomédica en Red (CIBER), aunque con un menor porcentaje, del 2,45 %, también contribuye de manera crucial a través de sus redes en temas de salud pública y nutrición, subrayando la interdisciplinariedad de la investigación en fermentación alimentaria.

La Universidad Autónoma de Madrid (UAM) y otros centros madrileños como los institutos IMDEA complementan el espectro de investigación en este ámbito,



concentrando esfuerzos en estudios que van desde la ingeniería de los procesos de fermentación hasta la relación entre nutrición y salud, lo que evidencia una robusta infraestructura investigadora en la región de Madrid dedicada a avanzar en el conocimiento y aplicación de alimentos fermentados. Este panorama refleja un ecosistema de investigación altamente activo y diversificado en Madrid, posicionándolo como un líder en la innovación de alimentos alternativos a nivel nacional e internacional.

### Organizaciones de I+D con mayor actividad científica

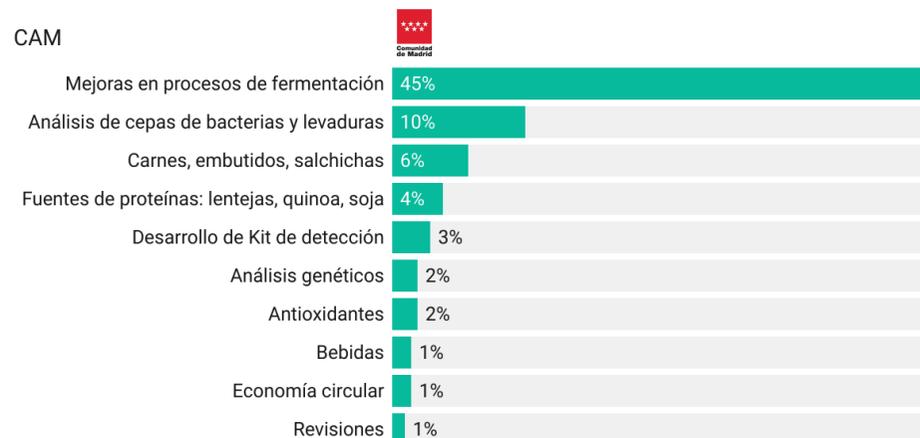


Fuente: Elaboración propia a partir del análisis de los datos de la Web of Science. Creado con Datawrapper.

### ÁMBITOS MÁS FRECUENTES DE INVESTIGACIÓN

A partir del análisis de los documentos científicos detectados y basándonos en las palabras clave etiquetadas y sus frecuencias de aparición, podemos extraer algunas tendencias en los ámbitos de investigación prioritarios que se desarrollan en los organismos científicos en la CM.

#### Ámbitos de investigación tratados en los documentos científicos



Fuente: Elaboración propia a partir del análisis de los datos de la Web of Science. Creado con Datawrapper.

La mayoría de la actividad científica se concentra en mejoras, optimizaciones e innovaciones en los procesos de fermentación. Este enfoque abarca tanto el desarrollo de nuevos compuestos o ingredientes que serán integrados en los alimentos como los procesos microbiológicos involucrados en su producción o incluso tecnologías o nuevos materiales que mejoren los biorreactores.

Un segundo grupo de publicaciones se centra específicamente en el análisis y las mejoras de cepas tradicionales y nuevas bacterias y levaduras empleadas en



procesos de fermentación. Estas cepas son cruciales, ya que impactan directamente en la eficacia de la producción de diversas sustancias con propiedades tecnofuncionales relevantes para su uso como ingredientes en nuevos alimentos alternativos. Entre estos ingredientes se incluyen proteínas, ácidos grasos, probióticos y compuestos fenólicos bioactivos. Un número significativo de estos estudios se dedica a la producción de antioxidantes, y aún más investigaciones se enfocan en la obtención de proteínas derivadas de lentejas, soja y quinoa, fundamentalmente.

En los estudios realizados, se observa una mayor concentración de innovaciones en productos cárnicos, embutidos y salchichas, con un enfoque menor en las bebidas. Estas innovaciones incluyen, entre otros avances, la incorporación de proteínas de alto valor biológico y la reducción del contenido graso, así como la introducción de ingredientes alternativos o la optimización de los procesos de fermentación para eliminar sustancias perjudiciales, tales como los compuestos intermedios de las nitrosaminas<sup>3</sup>, etc.

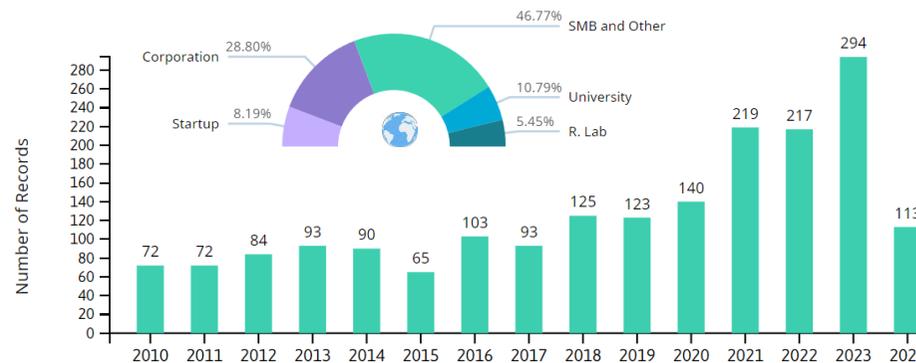
Otro grupo de investigaciones más reducido trata de aspectos diversos, pero igualmente relevantes, como son los desarrollos de técnicas rápidas o kits de detección de compuestos perjudiciales para el desarrollo del proceso fermentativo, con lo que la detección anticipada y en tiempo real puede aumentar enormemente la eficiencia del proceso. Muchas otras publicaciones se centran en caracterizar genéticamente diferentes cepas de bacterias y levaduras involucradas en estos procesos o en estudios de fermentaciones realizadas sobre biomásas, que suponen un reciclado o segundo uso de residuos o desechos de otras industrias o usos para la posible obtención de compuestos de mayor valor que se incorporen a la cadena de valor de la industria agroalimentaria.

## PATENTES

La evolución de las patentes a nivel mundial sobre alimentos proteicos basados en fermentación muestra una tendencia al alza en los últimos años, tal como se refleja en la gráfica. Desde 2010 hasta 2015, el número de patentes anuales se mantuvo relativamente constante, con un promedio de entre 65 y 93 patentes por año. A partir de 2016, se observa un aumento más significativo, alcanzando las 103 patentes en ese año.

Este crecimiento se intensifica notablemente a partir de 2018, con un incremento constante que lleva a 125 patentes en 2018 y 140 en 2020. En 2021, se registra un notable salto con 219 patentes, y la tendencia alcista continúa hasta alcanzar un pico de 294 patentes en 2023.

### Evolución mundial de las patentes



Fuente: Elaboración propia a partir de base de datos de patentes e innovación.

<sup>3</sup> <https://es.wikipedia.org/wiki/Nitrosamina>



La distribución de estas patentes por tipo de organización también es relevante. Las pymes lideran la innovación en este sector, acumulando el 46,77 % de las patentes. Las grandes corporaciones siguen con un 28,80 %, mientras que las *startups* contribuyen con un 8,19 %. Las universidades y organismos de investigación tienen una participación más limitada, con un 10,79 y un 5,45 % respectivamente.

En la distribución geográfica, destacan Estados Unidos y países orientales con una clara tradición en alimentos fermentados, como Japón, Corea del Sur y China, los cuales son los principales centros de innovación. Les siguen varios países europeos, con una mayor representación de España

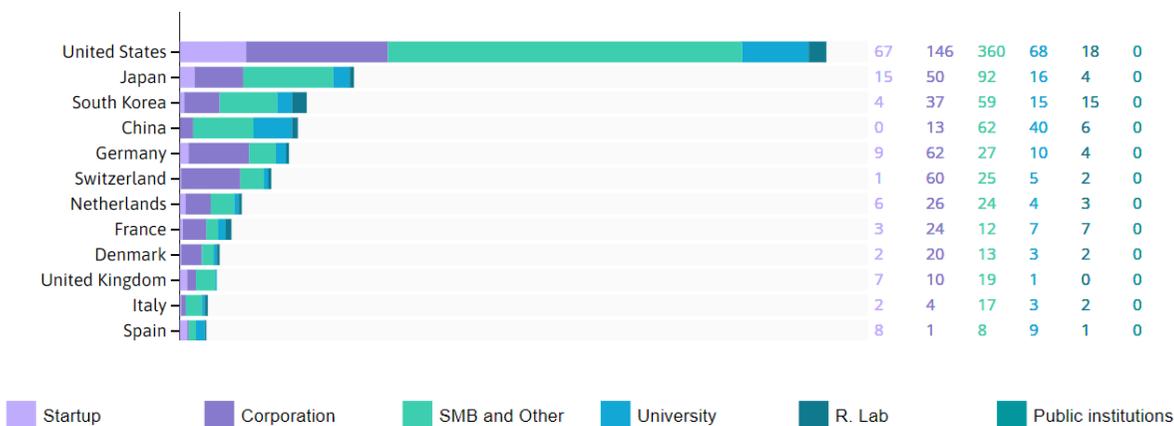
en este ámbito en comparación con los nuevos alimentos de origen vegetal.

Entre las grandes corporaciones que patentan en este ámbito de los nuevos alimentos proteicos basados en procesos de fermentación, destacan fundamentalmente DuPont de Nemours, que ofrece soluciones sostenibles para muy diversos mercados, entre ellos el agroalimentario; Xyleco, especializada en procesos de fermentación a partir de biomasa; Ecolab y 3M, empresas tecnológicas en cuyas patentes se aprecia su vertiente de especialización en servicios de higiene y detección de microorganismos en procesos de fermentación. Todas ellas destacan por acumular un porcentaje alto de patentes con sede central en Estados Unidos.

En Oriente destacan las corporaciones de LG y CJ CheilJedang, de Corea del Sur, la primera patentando tecnología para procesos, y la segunda, el desarrollo de cepas de microorganismos y nuevos tipos de alimentos fermentados. Suntory destaca en Japón como especialista en la elaboración de diferentes bebidas y complementos para la salud, y en China, Cathay Biotech, líder tecnológico mundial en biología sintética y el uso de bioprocesos.

En Europa destacan la holandesa DSM, que es una empresa global con base científica que se focaliza en salud, nutrición y materiales, las suizas Nestlé y Givaudan, y en Alemania BASF y Bayer, especialistas en patentar innovaciones en distintas etapas de bioprocesos.

En cuanto a las *startups*, destacan la alemana Infinite Roots y la sueca Mycorena, especializadas en el desarrollo de alimentos sostenibles a partir de hongos mediante fermentación, y la estadounidense ADM, que adquirió a la española Biopolis en 2017 y que era un proveedor de tecnologías microbianas con una sólida cartera de ingredientes alimentarios. La holandesa The Protein Brewery se especializa en desarrollar y producir proteínas a base de fermentaciones, destacando su ingrediente estrella Fermotein®. Entre todas ellas agrupan cerca de una treintena de patentes.



Fuente: Elaboración propia a partir de base de datos de patentes e innovación.



## ENTORNO EMPRESARIAL

El mercado de proteínas alternativas basadas en fermentación ha experimentado un crecimiento exponencial en la última década, aunque con una desaceleración en los últimos dos años completos que refleja las tendencias en mercados similares en medio de importantes desafíos macroeconómicos y otros factores globales. En 2023, la **inversión global** en este sector alcanzó unos 478 millones de euros, estimándose que el mercado mundial de alternativas a la carne crecerá a una tasa de crecimiento anual compuesta (CAGR) del 7,2 % para el 2026<sup>4</sup>. En este contexto, la **fermentación de precisión** ha captado la atención de la mayoría de los inversores, representando el 59 % de las inversiones totales. El capital riesgo, junto con aceleradoras e incubadoras, se han establecido como los inversores más activos, mostrando una preferencia por financiar proyectos a través de subvenciones, que constituyen la forma principal de inversión en términos de cantidad de acuerdos. Esta tendencia subraya un interés creciente en tecnologías innovadoras que pueden ofrecer alternativas sostenibles y eficientes en la producción de alimentos alternativos.

Este contexto refleja el estado actual del entorno empresarial, donde cerca de 160 compañías a nivel mundial están dedicadas a explorar aplicaciones de fermentación para crear proteínas, lípidos e ingredientes funcionales utilizados en productos a base de plantas y carne cultivada. Estas empresas abarcan sectores que van desde las ciencias de la vida hasta la nutrición y la farmacéutica, y tienen líneas de negocio enfocadas en la fermentación de proteínas alternativas. Sin embargo, estas cifras seguramente no reflejan exhaustivamente el aumento en la actividad en otras áreas de la cadena de valor de la fermentación, como la optimización de ingredientes o el diseño de bioprocesos.

En términos de crecimiento disruptivo, más del **80 % de las compañías** dedicadas a aplicaciones de fermentación para proteínas alternativas se han formado en los **últimos cinco años**. La mayoría de estas empresas se han enfocado en la fermentación de precisión (46 %) y la fermentación de biomasa (50,6 %), trabajando principalmente en proteínas lácteas, alternativas al huevo, desarrollo de grasas, aceites y productos del mar. Esto refleja un notable aumento en la inversión y el desarrollo de este campo. Este crecimiento se ve respaldado por la participación de grandes corporaciones globales, como Danone o FrieslandCampina en productos lácteos, y Thai Union, una de las mayores compañías de mariscos del mundo, que ya están invirtiendo en ingredientes derivados de la fermentación de microalgas.

En 2023, el mercado global de alimentos fermentados se valoró en aproximadamente 528,5 mil millones de euros **en ventas de productos**, experimentando una tasa de crecimiento anual compuesta del 5,6 %. La región de Asia-Pacífico lideró con el 38,1 % del mercado global, destacando su importancia en este sector. Los productos lácteos fermentados constituyeron la categoría de producto más significativa, representando el 46,2 % de la cuota de mercado, lo que refleja la creciente popularidad y diversidad de los alimentos fermentados en el mercado global.

<sup>4</sup> Elhalis et al. (2023).



## SECTOR PRODUCTIVO | INVERSIONES

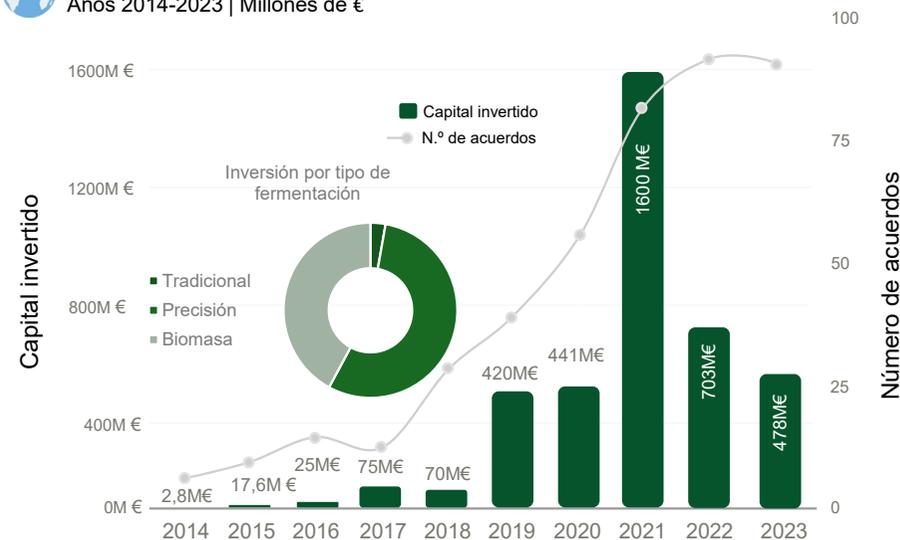
La situación financiera del sector de la fermentación muestra una inversión acumulada de unos 3,84 mil millones de euros hasta 2023. Sin embargo, ha experimentado una disminución significativa en la recaudación de fondos en 2023, con un total de 478 millones de euros, lo que representa una caída del 32 % respecto a los 703 millones de euros del año anterior. Esta tendencia decreciente podría estar justificada por la evolución similar a la observada en otros sectores respaldados por capital riesgo.

Aunque claramente Estados Unidos es el principal protagonista y tractor de la inversión en este tipo de empresa y tecnología, Europa se destaca como una excepción notable, donde la inversión en fermentación creció un 22 % en 2023, alcanzando alrededor de 168 millones de euros, el total anual más alto para la región observado hasta este momento. Esta inversión en Europa contrasta con la disminución general en la financiación de fermentación y proteínas alternativas a nivel global, que también cayó de 2,7 mil millones de euros aproximadamente en 2022 a 1,5 mil millones de euros en 2023.

En cuanto al tipo de fermentación, sin duda la de precisión y biomasa concentran la mayoría de las inversiones en esta tecnología; sin embargo, es la de precisión la que concentra una inversión acumulada global mayor con un 55 % (1,94 mil millones de euros), frente a la de biomasa con un 42,1 % (1,49 mil millones de euros).

La situación en Europa, con su aumento en la inversión en fermentación, junto con el apoyo de las instituciones públicas, sugiere un entorno más favorable para este tipo de tecnologías. Esto posiciona a la fermentación no solo como una alternativa sostenible para la producción de alimentos y proteínas alternativas, sino también como una oportunidad de inversión sostenible en Europa.

Inversión anual en compañías de alimentos basados en fermentación  
Años 2014-2023 | Millones de €



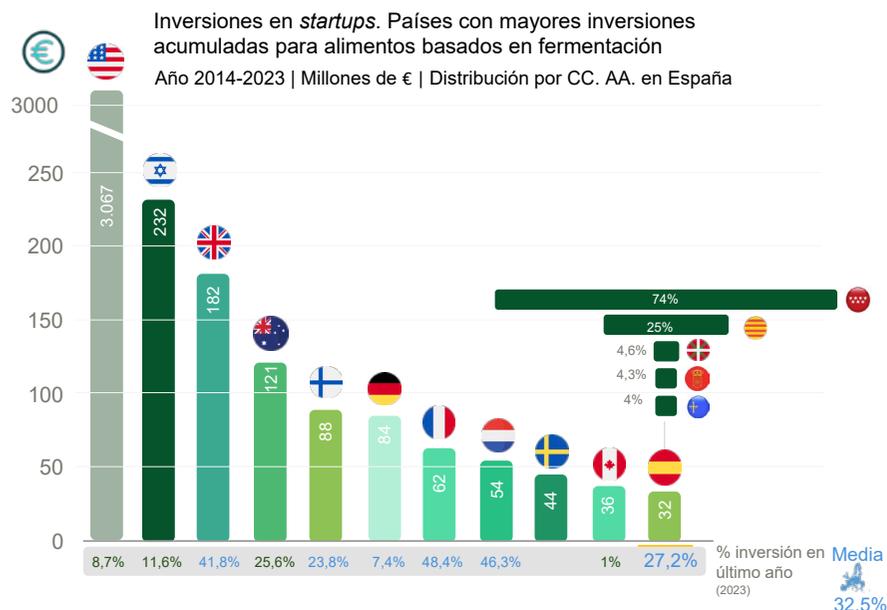
Fuente: Good Food Institute (2023b) y datos de Crunchbase.

Analizando el *ranking* de países con más inversiones en *startups* en esta tecnología desde el 2014 hasta el 2023, destaca con creces Estados Unidos, con una inversión acumulada de más de 3 mil millones de euros fundamentalmente en fermentación de precisión y en menor medida en biomasa. Si nos centramos en otros focos geográficos de la tecnología, sobresalen Israel y el Reino Unido con altas diferencias con Norteamérica, por debajo de los 230 millones de euros. Destaca el foco geográfico de Europa, ya que el resto de los países menos Canadá se encuentran en el top 10 de países con más inversión, lo que representa el interés del capital privado en este mercado. Además, se aprecia que el eje europeo, solo en el último año 2023, ha tenido una media de la concentración de la inversión por encima del resto de los países, con un 32,5 % frente al 11,7 % del resto de los países no europeos. Esto podría indicar que las



condiciones del mercado, de los consumidores y sociopolíticas en Europa están favoreciendo que esta tecnología se encuentre en fase emergente y con una tendencia en crecimiento frente al retroceso en otras áreas geográficas.

de alimentos y proteínas alternativas procedentes de plantas. En este sentido, cabe destacar que la CM se ha convertido en un importante foco de atracción de la inversión en esta tecnología<sup>5</sup>.



Fuentes: Good Food Institute (2023b) y datos de Crunchbase. En los datos de las CC. AA. se han tenido en cuenta las inversiones en fermentación de microalgas, que suponen una inversión solo por la empresa Alga Energy (Alcobendas) de 24 M€ (74 % de las inversiones registradas en startups de fermentaciones en España).

El análisis en España se ha limitado a los datos disponibles de solo una decena de empresas con disponibilidad de información sobre rondas de financiación. Se trata de un interés del mercado inversor menor observándose financiación en *startups* de unos 32 millones de euros, frente a los 57 millones en el caso

## ECOSISTEMA INNOVADOR NACIONAL

En esta sección 2, el ecosistema de empresas emergentes en España se encuentra más limitado, pero se aprecian datos que hacen pensar en una tendencia hacia el crecimiento de inversiones que dará como resultado la aparición de nuevas empresas o inversiones de las grandes compañías en este tipo de tecnología según se vayan salvando los principales retos tecnológicos y de mercado.

La fermentación de precisión es una tecnología que varias empresas en España están comenzando a adoptar para la creación de proteínas de origen animal, destacando su potencial tanto en la producción de nuevas proteínas alternativas como en el uso de microalgas como ingredientes.

Se anticipa que la aplicación de estas tecnologías desempeñará un papel clave en el futuro de la producción de carne, revolucionando la cadena de valor tal como la conocemos. En este contexto, han surgido nuevas *startups* enfocadas en desarrollar soluciones sin carne a partir de micoproteínas. Un ejemplo es Innomy, una *startup* argentina que se ha trasladado a España en colaboración con el centro tecnológico CNTA. Además, las españolas Libre Foods y ODS Protein también exploran el potencial de esta micoproteína, nutritiva y sostenible, para producir alternativas cárnicas a partir de micelio, un hongo filamentoso cultivado mediante fermentación, que ofrece productos completamente libres de ingredientes animales.

<sup>5</sup> Teniendo en cuenta (como se comentaba al inicio de esta sección) que se ha incorporado la fermentación de microalgas dentro de este subsector.



Otra *startup* destacada en el ecosistema es MOA FoodTech, que innova transformando subproductos agroalimentarios en proteínas sostenibles mediante biotecnología y fermentación optimizada con inteligencia artificial. Estos ingredientes promueven la sostenibilidad al reducir la demanda de tierras agrícolas y minimizar el impacto ambiental.

En las alternativas a los productos lácteos tradicionales, emergen como destacadas dos *startups* catalanas: Väcka, empresa que produce alternativas vegetales al queso, elaboradas principalmente con semillas de melón mediante procesos de fermentación, y Real Deal Milk, que produce proteínas de la leche como la caseína y el suero mediante fermentación de precisión a partir de levaduras.

En otro bloque se encuentran las empresas que desarrollan tecnologías de fermentación de microalgas. En este apartado se muestran empresas tanto emergentes como ya consolidadas, que en la mayoría de los casos también desarrollan productos para la industria de la cosmética, farmacia, nutracéuticos, etc. Entre estas se pueden mencionar a Neoalgae, Fitoplancton Marino o el caso destacado de Alga Energy, que ha ampliado recientemente su participación accionarial, lo que le permitirá aumentar la capacidad de producción en la planta de producción ubicada en Cádiz para promover su desarrollo en nuevos mercados internacionales y acelerar el desarrollo de nuevas aplicaciones. Esta planta de microalgas es capaz de biofijar CO<sub>2</sub> en el proceso de cultivo de microalgas, transformando así este gas en productos de alto valor. Estos

 Selección de empresas españolas innovadoras en nuevos alimentos basados en Fermentación

	MOA FOODTECH	FERMENTO Vegano	REAL DEAL MILK	fitoplancton marino	LIBRE FOODS	Innomy	VÄCKA	neo ALGAE	VEGGIE KÄRMA	ODS PROTEIN	
<b>Biomasa</b>											
<b>Fermentación de precisión</b>											
<b>Fermentación tradicional</b>											
											

Fuente: Elaboración propia.

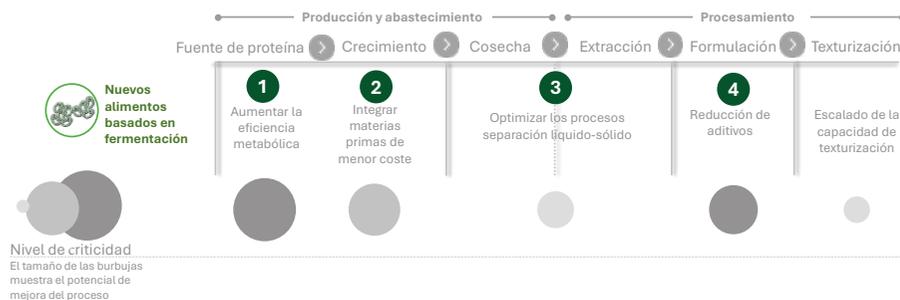


movimientos más recientes muestran que las proteínas alternativas están escalando en el mercado y pronto se convertirán en productos competitivos y superiores en sabor a los productos actuales. Todo este ecosistema hace que España tenga el potencial de convertirse en un campo de pruebas para desarrollar las tecnologías más disruptivas en la cadena de valor alimentaria.

## RETOS DE INNOVACIÓN

Los alimentos y proteínas alternativas basadas en fermentación aún tienen un largo camino por recorrer antes de alcanzar completamente la paridad en características organolépticas y precios con las proteínas animales tradicionales. Actualmente, por ejemplo, el coste sigue siendo de dos a tres veces mayor, especialmente para la fermentación de precisión. El mayor potencial para reducciones de costes vendrá a través de innovaciones sobre todo en las primeras etapas del proceso, como son el abastecimiento y crecimiento de los organismos adecuados.

### Priorización de los puntos críticos para definir los retos de innovación en el proceso de desarrollo de nuevos alimentos basados en fermentación



Fuente: Witte *et al.* (2021).

Los principales retos o cuellos de botella de esta tecnología se concentran en las siguientes etapas:

- 1. Aumentar la eficiencia metabólica:** Mejorar la eficiencia en el proceso de fermentación con la que los microorganismos convierten su materia prima en proteína es clave para reducir los costes del proceso. Las optimizaciones vendrán de la mano de la correcta elección de cepas y el ajuste de las condiciones bajo las cuales se cultivan. Los procesos de agitación, oxigenación y combinación de nutrientes serán claves para mejorar los rendimientos. Aumentar la eficiencia metabólica también puede tener un gran impacto en el sabor y en el valor nutricional, al acelerar la producción de proteína mientras se ralentiza la creación de metabolitos no deseados que pueden transmitir malos sabores, por lo que en estas etapas existe mucha necesidad de investigación e innovación.
- 2. Integrar materias primas de menor coste:** Un factor clave implica encontrar materias primas de carbono que sean menos costosas que el glicerol y la glucosa comúnmente utilizados hoy en día; por ejemplo, el uso de subproductos residuales provenientes de otros procesos, como la producción de etanol, lo que daría la posibilidad de una mayor sostenibilidad.
- 3. Optimizar los procesos de separación líquido-sólido:** Para la fermentación de precisión, se requieren múltiples pasos para pasar de una suspensión a un extracto de proteína, incluyendo la centrifugación, filtración y secado. Mejorar y escalar estos procesos, utilizando membranas de filtración eficientes que requieran menos mantenimiento y menos agua, por ejemplo, puede reducir sustancialmente los costes de producción.

- 4. Reducción de aditivos:** Al igual que con las proteínas alternativas basadas en plantas, deben desarrollarse aditivos funcionales de menor coste y con formulaciones menos complejas. Los expertos coinciden en que tales aditivos son científicamente posibles, pero necesitan volverse más prácticos y mucho menos costosos. Aunque las mejoras en los aditivos tendrán un efecto no crítico en los costes de producción, son esenciales para que las proteínas de microorganismos alcancen la paridad en sabor y textura.



# 3. NUEVOS ALIMENTOS BASADOS EN CARNE CULTIVADA

## RESUMEN

### ESTADO ACTUAL DE DESARROLLO TECNOLÓGICO

### ENTORNO DE LA I+D

Evolución de la capacidad investigadora

Áreas de investigación más activas

Áreas de investigación emergentes

Organizaciones con mayor actividad investigadora

Ámbitos más frecuentes de investigación

Patentes

Entorno empresarial

Sector productivo | Inversiones

Ecosistema innovador nacional

Retos de innovación



# 3. Nuevos alimentos basados en carne cultivada



## RESUMEN

La carne cultivada representa una innovación disruptiva en la industria alimentaria, eliminando la necesidad de criar y sacrificar animales para obtener carne u otros productos de origen animal. Su composición y estructura celular son muy similares a los tejidos animales, aunque el mayor desafío sigue siendo imitar la textura y el sabor que los consumidores esperan de los alimentos tradicionales. Esta nueva forma de producir alimentos involucra el cultivo directo de células animales, utilizando técnicas derivadas de la medicina regenerativa. El proceso de producción incluye tres componentes principales: **células iniciales, andamios junto con los medios de crecimiento y un biorreactor**. Estos avances tecnológicos permiten que el producto final sea prácticamente indistinguible de la carne tradicional en términos de apariencia y propiedades sensoriales.

El desarrollo de la tecnología ha avanzado en los últimos años con la carne, pero en la próxima década es posible que las empresas comiencen a producir alternativas a los huevos, los productos lácteos y los mariscos utilizando procesos similares. Sin embargo, por el momento la carne cultivada sigue siendo el principal foco de atención. Los consumidores objetivos son los omnívoros y flexitarianos, ya que la carne cultivada es un producto de origen animal. A pesar de que podría

ir en contra de los principios de los vegetarianos y veganos, es posible que estos grupos también se sientan atraídos por la carne cultivada en el futuro, ya que no implica el sacrificio de animales. Encuestas recientes indican que muchos consumidores están interesados en probar la carne cultivada o en aprender más sobre sus beneficios, lo que sugiere un mercado potencialmente amplio y receptivo.

El mercado de la carne cultivada está en expansión, con pronósticos que indican que, en las próximas dos décadas, el 35 % del consumo global de carne podría provenir de productos de carne alternativa, entre ellos la cultivada. Se espera un crecimiento anual compuesto (CAGR) del 41 % entre 2025 y 2040, reflejando un creciente interés de la comunidad científica y empresarial. El apoyo financiero parece crucial para superar múltiples desafíos que presenta la tecnología, dificultades de escalabilidad, la receptibilidad de los consumidores y del mercado.

El avance de la carne cultivada responde a las proyecciones sobre el aumento del consumo global de carne y los impactos ambientales de la agricultura y ganadería. Se prevé que el consumo mundial de carne crezca significativamente para 2050, mientras que la ganadería ya representa entre el 11 y el 20 % de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Las proteínas alternativas, como la carne cultivada, ofrecen una opción más sostenible, ya que ayudan a reducir las emisiones, incrementar las fuentes de proteína alimentaria y, según algunos expertos, disminuir los riesgos de pandemias y la resistencia a los antibióticos. Además, podrían liberar tierras y aumentar la disponibilidad de recursos hídricos para su restauración, lo que es clave



para alcanzar los objetivos globales en materia de clima, biodiversidad, salud pública y seguridad alimentaria.

En resumen, la carne cultivada tiene **el potencial de transformar la industria alimentaria** al ofrecer una **alternativa sostenible y ética a la carne convencional**. A medida que la tecnología y la producción avanzan, y con el respaldo adecuado tanto del sector privado como de las instituciones gubernamentales a través de regulaciones y fondos para la investigación, la carne cultivada podría desempeñar un papel crucial en la transformación del sistema alimentario del futuro.

## ESTADO ACTUAL DE DESARROLLO TECNOLÓGICO

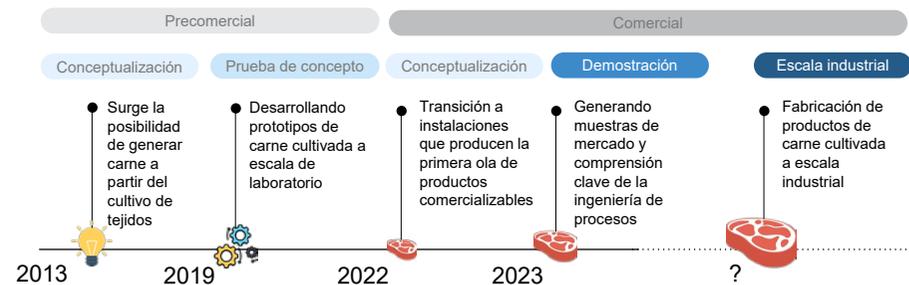
La producción de carne cultivada ha tenido un amplio periodo de investigación, aunque su desarrollo más intensivo se está produciendo en la última década. Los primeros cultivos celulares datan de 1907, y en 1999 se patentó el primer procedimiento de ingeniería de tejidos para carne cultivada. En 2001, la NASA cultivó carne de pez dorado para posibles alimentos en viajes espaciales.

En 2013, el profesor Mark Post<sup>1</sup> presentó la primera hamburguesa cultivada a partir de células, marcando un punto de inflexión en su desarrollo. Desde entonces,

<sup>1</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Mark\\_Post](https://en.wikipedia.org/wiki/Mark_Post)

la investigación y el progreso en este campo han avanzado rápidamente, con la proliferación de nuevos restaurantes y empresas, especialmente en Asia, Israel y Estados Unidos. En 2020, Singapur permitió la primera venta comercial de carne cultivada en un restaurante.

### Línea de tiempo en el desarrollo de alimentos basados en células animales o carne cultivada

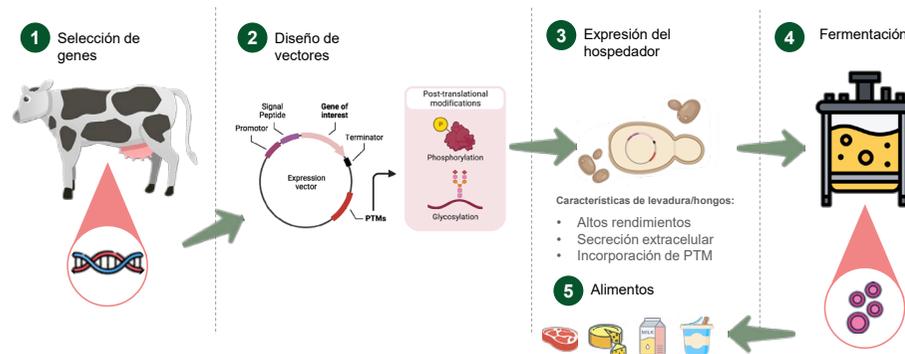


Fuente: Good Food Institute (2021).

Las técnicas utilizadas para la producción de carne cultivada han evolucionado desde la simple extracción y cultivo de células hasta métodos más sofisticados de técnicas de cultivo celular utilizadas en otros campos biotecnológicos que incluyen la diferenciación y proliferación en biorreactores. El proceso generalmente involucra la obtención de células madre de animales mediante biopsias, su expansión y diferenciación en medios de cultivo especialmente diseñados. Estas células se cultivan luego en biorreactores que controlan parámetros críticos como la temperatura, el pH, el suministro de oxígeno y la eliminación de diversos metabolitos.



### Esquema de desarrollo tecnológico del proceso de elaboración de alimentos basados en células



Fuente: Elaboración propia.

La infografía esquematiza el proceso y las etapas involucradas en el desarrollo de este tipo de alimentos. De manera más detallada, se puede dividir en las siguientes fases:

#### • Obtención y selección de células iniciales

La primera etapa del proceso consiste en la obtención de una pequeña muestra de células de un animal donante. Esta muestra se puede obtener mediante una biopsia mínima y no invasiva. Las células seleccionadas son generalmente células satélite o mioblastos, que tienen la capacidad de diferenciarse en células musculares.

#### Obtención de material genético

Estas células pueden ser directamente cultivadas en la etapa cuatro o se puede producir una etapa intermedia más compleja con la obtención del

material genético de esas células donantes, a partir del cual se realiza una extracción de ADN que contiene la información necesaria para la producción de proteínas específicas de la carne o mejoras de diferentes propiedades organolépticas.

#### • Construcción del vector de expresión

El ADN extraído se inserta en un vector de expresión, que incluye elementos regulatorios como el promotor, el péptido señal y el terminador. Este vector es diseñado para dirigir la expresión del gen de interés en las células huésped. Además, se consideran modificaciones postraduccionales (PTM), como la fosforilación y la glucosilación, que son cruciales para la funcionalidad de las proteínas producidas.

#### • Inserción en células huésped

El vector de expresión se introduce en células huésped, como las levaduras u otros microorganismos, que son seleccionados por su alta eficiencia de expresión y capacidad para realizar modificaciones postraduccionales. Estas células transformadas comienzan a producir las proteínas musculares deseadas con las mejores características seleccionadas.

#### • Expansión de células en cultivo

Las células iniciales se cultivan en un medio de cultivo enriquecido que proporciona los nutrientes esenciales, factores de crecimiento y condiciones óptimas para la proliferación celular mediante biorreactores, donde se mantienen condiciones controladas de temperatura, pH, oxigenación y nutrientes. Entre los medios de cultivo utilizados se pueden incluir aminoácidos, vitaminas, sales minerales y sueros, aunque la tendencia actual es hacia el uso de medios libres de suero para reducir la dependencia de productos animales.



### Diferenciación celular

Una vez alcanzada una masa celular crítica, las células se inducen a diferenciarse en células musculares mediante cambios en el medio de cultivo y condiciones específicas del entorno, tales como la modificación de la concentración de factores de crecimiento y la aplicación de estímulos físicos como la tensión mecánica.

### Diseño y configuración de los biorreactores

El biorreactor constituye el componente central del proceso de producción de carne cultivada. Estos dispositivos son esenciales para la proliferación y diferenciación celular a gran escala, permitiendo la producción de tejido muscular en condiciones óptimas. Los biorreactores deben mantener parámetros estrictos de temperatura, pH, oxigenación y agitación para asegurar la viabilidad celular y la correcta formación del tejido muscular en las distintas etapas.

### Proliferación y crecimiento en biorreactores

En esta fase, las células continúan creciendo y formando estructuras tridimensionales. Los biorreactores pueden variar en diseño, desde sistemas de suspensión a sistemas de matriz tridimensional, que permiten la formación de tejidos más complejos y con una estructura similar a la de la carne convencional.

#### ● **Maduración del tejido y desarrollo del producto final**

El tejido formado en el biorreactor se somete a un proceso de maduración destinado a optimizar sus propiedades organolépticas y funcionales. Este proceso puede involucrar el acondicionamiento en medios específicos, así como la aplicación de estímulos eléctricos o mecánicos para mejorar la textura y la estructura del tejido muscular. Además, se pueden incorporar células adicionales, como adipocitos, con el fin de replicar la composición de la carne convencional de manera más precisa.

### Cosecha y procesamiento final

Finalmente, el tejido cultivado se recoge del biorreactor y se somete a procesos de purificación y procesamiento para obtener el producto final. Esto puede incluir la eliminación de residuos de cultivo, la estructuración del tejido para simular cortes específicos de carne y el acondicionamiento para su distribución y consumo.

La producción de carne cultivada enfrenta una serie de desafíos y retos tecnológicos significativos. Entre estos, se destacan los siguientes aspectos clave:

- **Diversificación de las líneas celulares:** La falta de líneas celulares de acceso abierto para la carne cultivada plantea varios desafíos significativos. En primer lugar, limita la capacidad de los investigadores y las empresas para desarrollar y optimizar procesos de producción, ya que no pueden acceder fácilmente a las líneas celulares necesarias. Esto ralentiza el progreso científico y tecnológico en este ámbito. En segundo lugar, aumenta los costes y las barreras de entrada para nuevas empresas y *startups*, que deben invertir tiempo y recursos en desarrollar sus propias líneas celulares. Además, la falta de acceso abierto impide la estandarización y comparación de resultados entre diferentes estudios y proyectos, lo que dificulta la colaboración y el avance colectivo en la industria. Por último, la escasez de líneas celulares disponibles puede retrasar la comercialización y la disponibilidad de carne cultivada en el mercado, afectando su potencial para convertirse en una alternativa viable y sostenible a la carne convencional.
- **Desarrollo de andamios 3D:** Uno de los principales desafíos en la producción de carne cultivada es replicar la estructura y textura de la carne convencional. Esto se ha abordado mediante el uso de andamios



(*scaffolds*) que proporcionan una estructura sobre la cual las células pueden crecer, diferenciarse y facilitar el transporte de nutrientes, oxígeno y desechos; y proporcionar señales que pueden ayudar a que las células se diferencien y maduren según lo deseado. Los andamios ideales están hechos de polímeros comestibles, biodegradables y no tóxicos, y deben ser capaces de soportar el crecimiento celular y permitir una adecuada difusión de nutrientes y oxígeno.

- **Medios de cultivo y factores de crecimiento:** El gasto asociado a los medios de cultivo constituye una parte significativa del presupuesto total de producción de la carne cultivada. Innovaciones recientes han permitido una reducción sustancial de estos costes, como la eliminación del suero bovino fetal, lo cual ha hecho el proceso más sostenible. Además, se están explorando medios de cultivo basados en proteínas vegetales y otras fuentes no animales, como la utilización de plantas de tabaco o la obtención de factores de crecimiento a partir de insectos en su etapa de crisálida.
- **Diseño de los bioprocesos:** El diseño de bioprocesos para la carne cultivada involucra la creación de líneas de producción de biorreactores equipados con sensores y automatización, integrados con equipos para la cosecha celular y procesamiento de alimentos. Este proceso es clave para determinar los mejores biorreactores y las tecnologías necesarias para producir diferentes tipos de carne cultivada de manera eficiente y a gran escala. Se realizan diferentes investigaciones sobre la ampliación de células adiposas bovinas y proyectos para aplicar avances desarrollados en bioingeniería textil y tecnologías de serigrafía a la fabricación de carne cultivada.

- **Escalabilidad y comercialización:** La escalabilidad es un factor crucial para la comercialización de la carne cultivada. Empresas como [Eat Just](#) han avanzado en el uso de biorreactores de gran volumen, pasando de 10 mil a 50 mil litros, lo que permite una producción a mayor escala. Este tipo de desarrollo es esencial para reducir los costes y hacer la carne cultivada competitiva en el mercado.
- **Procesos regulatorios y legislación:** En Europa, los productos alimentarios producidos mediante cultivo celular están regulados bajo el Reglamento de Nuevos Alimentos de la UE (Reglamento (UE) 2015/2283). La carne cultivada debe pasar por un proceso formal de aprobación para ser comercializada, obteniendo la autorización correspondiente de la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA). Este proceso incluye la evaluación de riesgos basada en la documentación científica presentada por la entidad solicitante, que debe demostrar la seguridad del producto para el consumo humano. La nomenclatura y el etiquetado también son importantes para no engañar al consumidor. En Estados Unidos, la regulación es gestionada por la FDA y la USDA en un enfoque dual. Canadá considera estos productos como «alimentos novedosos» y exige pruebas de seguridad rigurosas. Singapur, pionero en la aprobación comercial, requiere evaluaciones detalladas de seguridad y un etiquetado claro, mientras que Japón está desarrollando un marco regulatorio específico apoyado por su Ministerio de Agricultura.

A pesar de estas actuales limitaciones tecnológicas, ya hay unas 160 empresas y *startups* a nivel global involucradas en la producción de carne celular, con grandes inversiones provenientes tanto de fondos de inversión privados como de empresas clave en el mercado de proteínas tradicionales. Estos de-



sarrollos indican una búsqueda de alternativas a la producción tradicional de carne, con la carne celular o carne cultivada posicionándose como un producto premium que probablemente se integrará en el mercado masivo en un futuro cercano. Diversos expertos pronostican que estos productos constituirán una parte significativa del mercado alimentario junto a los clásicos y otros alternativos basados en plantas, ya analizados en la primera sección de este informe.

## ENTORNO DE LA I+D

### EVOLUCIÓN DE LA CAPACIDAD INVESTIGADORA

De nuevo en este apartado se analiza la evolución de las publicaciones científicas para comprobar el interés en este campo, estratificando en tres capas para tener en cuenta la producción científica generada a nivel global, a nivel nacional y la actividad científica localizada en la región de Madrid.

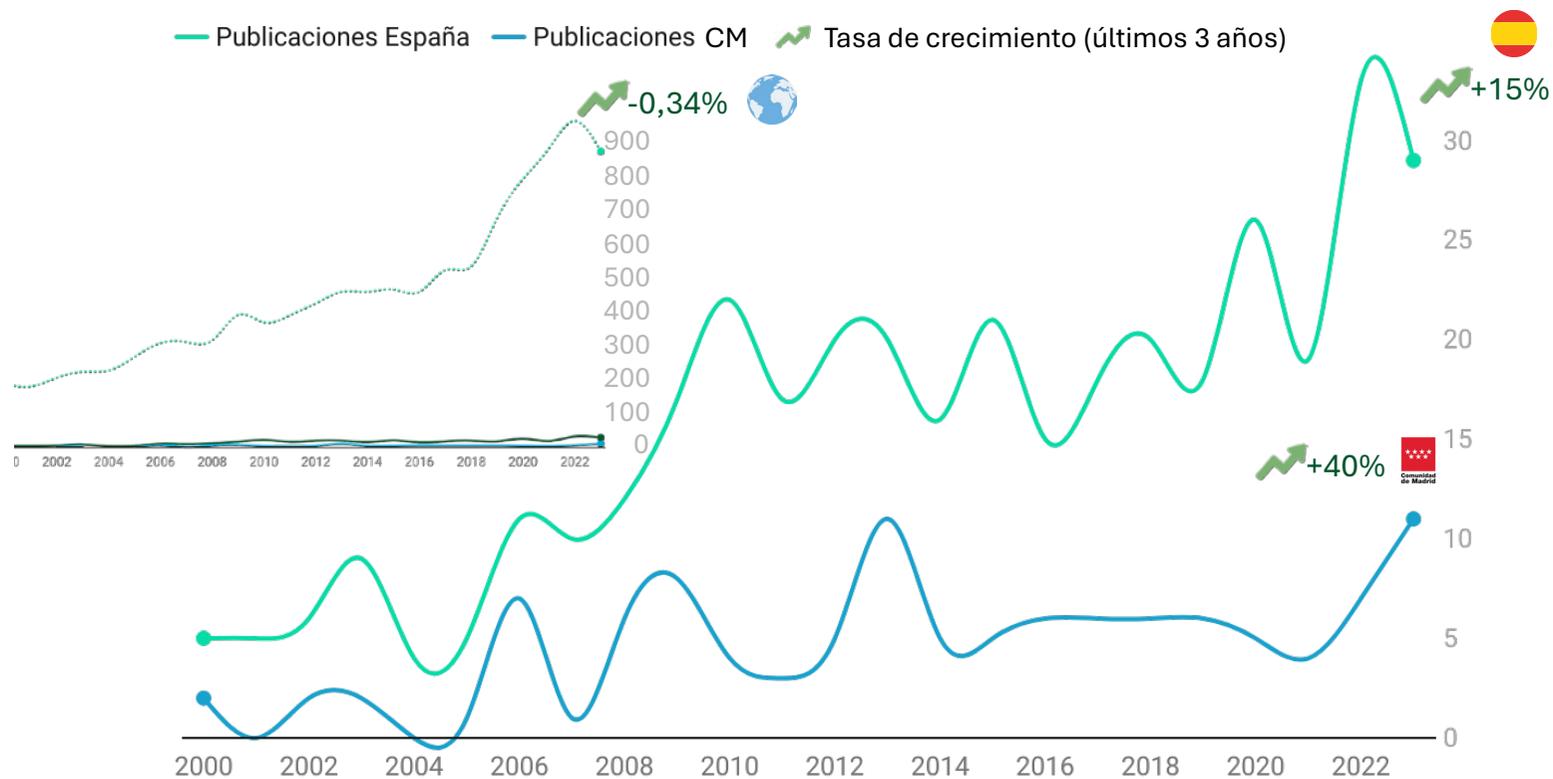
El análisis de los datos muestra que la evolución anual de las publicaciones científicas ha aumentado de manera gradual en toda la ventana temporal, pero se ha intensificado a partir del año 2018 a nivel global. En España y la región de Madrid, la evolución ha sido menos marcada y más fluctuante, pero con una tendencia creciente en los últimos años. Aunque España representa comparativamente una fracción muy pequeña de las publicaciones mundiales (en torno al 3 %), su tasa de crecimiento en los últimos tres años muestra un incremento mucho más elevado que la evolución a nivel mundial, lo que da una idea del emergente interés en este ámbito que se da en la actividad científica española.

Por otro lado, las publicaciones en la CM parecen fluctuar más, pero a su vez destaca considerablemente el interés en este ámbito científico a tenor de la tasa de crecimiento destacada con respecto a lo observado a nivel nacional y especialmente a nivel mundial. Este análisis resalta, como en otros apartados, la importancia de considerar tanto la escala global como las variaciones regionales al examinar la producción científica en diferentes áreas geográficas.

Al analizar la distribución geográfica de la producción científica, se observa una mayor dispersión a nivel global, aunque destacan tres principales centros de interés concentrados en Norteamérica, Asia y Europa. Esto sugiere que en estas regiones se está llevando a cabo una intensa investigación en estos campos emergentes de la alimentación, además de reflejar una predisposición tanto de la industria como de los consumidores hacia el desarrollo de nuevas tecnologías y alimentos alternativos.



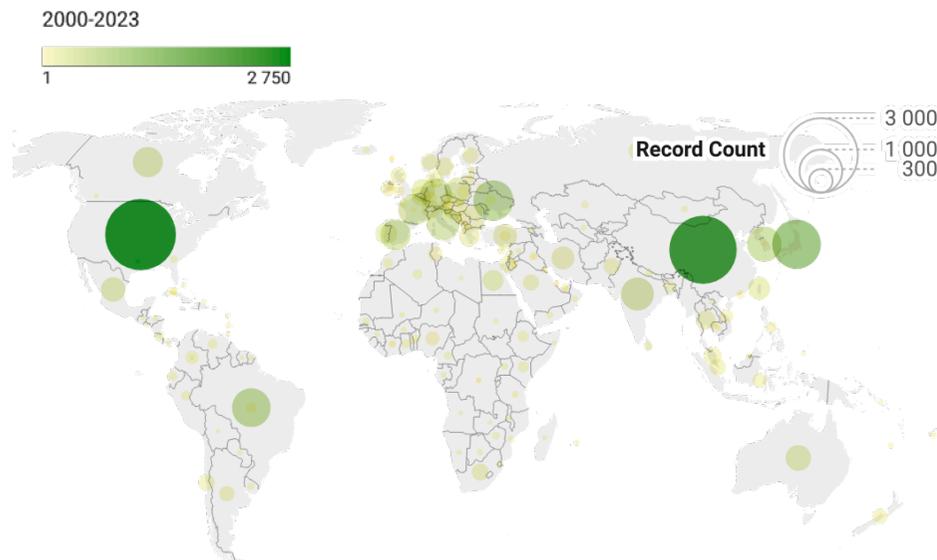
Evolución anual de la producción científica



Fuente: Elaboración propia a partir del análisis de los datos de la Web of Science. Creado con Datawrapper.



### Distribución geográfica de la actividad científica



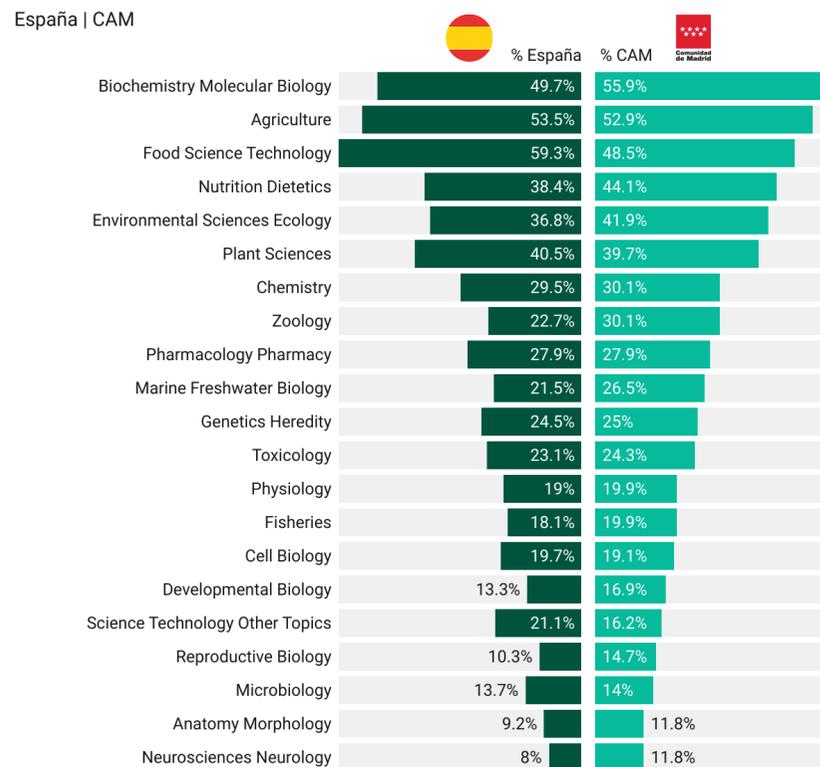
Fuente: Elaboración propia a partir del análisis de los datos de la Web of Science. Creado con Datawrapper.

### ÁREAS DE INVESTIGACIÓN MÁS ACTIVAS

De nuevo enfrentamos las áreas más predominantes de las publicaciones científicas en España y en la CM desde el año 2000 hasta 2023. Se observa que las áreas de bioquímica y biología, agricultura y el combinado ciencia y tecnología de los alimentos y dietética y nutrición concentran el mayor volumen de la actividad científica en este sector, lo cual indica la importancia creciente de estos ámbitos en el desarrollo y la innovación de nuevos alimentos basados en cultivo de células. Las ciencias ambientales y la ecología es otra de las áreas predominantes, ya que son visiones que se dan en las publicaciones para analizar el

impacto directo en la reducción de recursos medioambientales y ganaderos necesarios para aumentar las necesidades de proteína por el aumento de la población.

### Distribución de las publicaciones por áreas temáticas



Fuente: Elaboración propia a partir del análisis de los datos de la Web of Science. Se muestran solo las áreas que concentran el mayor número de publicaciones. Creado con Datawrapper.

En comparación con la región de Madrid, España en su conjunto muestra una mayor diversidad en las áreas de investigación, probablemente debido a la ma-



yor cantidad de instituciones y transdisciplinariedad de la investigación a nivel nacional. Las áreas mencionadas son más intensas que otras debido a su relevancia directa en la producción, calidad y sostenibilidad de la carne cultivada. La bioquímica y biología molecular son esenciales para el desarrollo y optimización de cultivos celulares, mientras que la ciencia de los alimentos, la nutrición y las ciencias ambientales aseguran que el producto final sea seguro, nutritivo y sostenible. Destaca en la región de Madrid una mayor tendencia de la investigación hacia las áreas focalizadas en bioquímica y biología celular, y en el resto de España se encuentran algo más representadas las áreas de agricultura y ciencias de las plantas en general, quizás por la propia naturaleza de la región.

## ÁREAS DE INVESTIGACIÓN EMERGENTES

La diversidad de campos de investigación sugiere la aparición de nuevas áreas emergentes que responden a las necesidades de innovación, complementando las investigaciones tradicionales en el ámbito agroalimentario.

El análisis sugiere que, en el campo de los alimentos cultivados a partir de células, disciplinas como la biología reproductiva, endocrinología y metabolismo, ciencias veterinarias, ciencias de materiales e ingeniería muestran una tendencia al alza, lo que permite considerarlas emergentes. Estas áreas podrían ser clave para la investigación y desarrollo de técnicas de reproducción celular, optimización de procesos metabólicos, salud animal, biotecnología y el diseño de biorreactores y sistemas de cultivo celular.

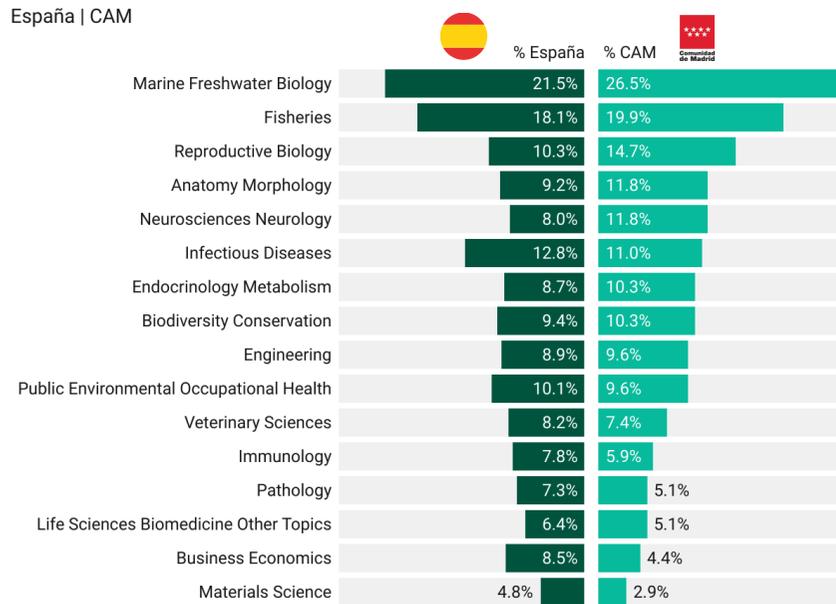
El análisis de la gráfica revela una destacada representación de áreas vinculadas a los **productos del mar**, como la biología marina y de agua dulce (21,5 % en España y 26,5 % en Madrid) y la pesca (18,1 % en España y 19,9 % en Madrid). Esta creciente presencia sugiere un interés en expansión hacia la investigación

de mariscos cultivados a partir de células. La significativa participación en biología marina indica un enfoque en el estudio de los ecosistemas acuáticos y los organismos marinos, aspectos clave para el desarrollo de tecnologías de cultivo celular en estos entornos. Asimismo, la relevancia de la pesca refleja un interés en métodos alternativos, sostenibles y eficientes para la producción de productos del mar, aplicables al cultivo celular de mariscos. Es notable que la región de Madrid muestra un interés ligeramente superior en estos temas en comparación con la media nacional en el ámbito de productos cultivados, según la actividad científica.

Este panorama sugiere una tendencia de crecimiento que apoya tanto el desarrollo tecnológico como la comprensión científica en la producción de productos cultivados, posicionando a la región de Madrid como un foco de innovación en este campo estratégico.



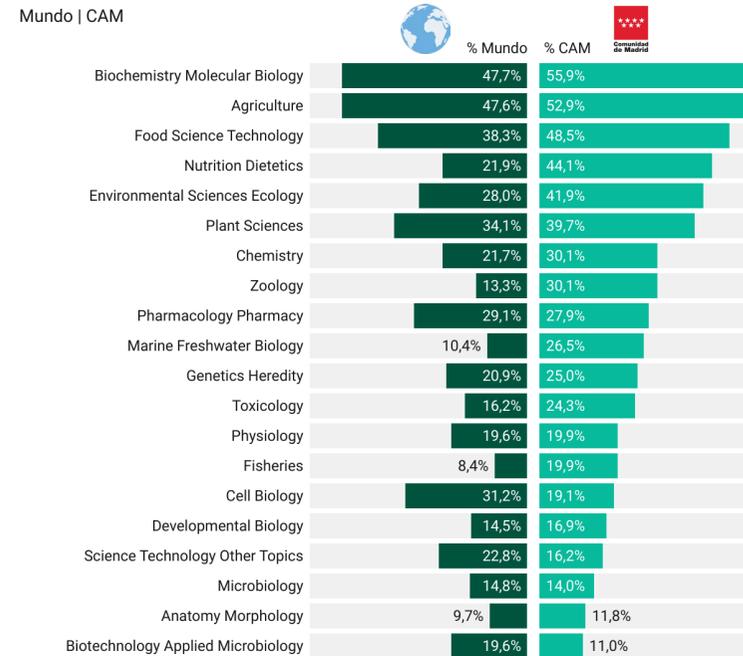
### Distribución de las publicaciones por áreas temáticas emergentes



Fuente: Elaboración propia a partir del análisis de los datos de la Web of Science. Se muestran solo las áreas que concentran el mayor número de publicaciones. Creado con Datawrapper.

Al comparar las áreas de actividad en la región de Madrid con las que se desarrollan a nivel mundial, se observa una coherencia en las principales líneas de investigación, alineándose con las tendencias globales en el ámbito de los productos alimentarios cultivados a partir de células. Es destacable que algunas de estas áreas muestran una mayor actividad en Madrid en comparación con el panorama mundial, lo que sugiere un especial interés en estos temas. Este enfoque podría estar relacionado con la capacidad investigadora de la región en el campo de la alimentación.

### Distribución de las publicaciones por áreas temáticas



Fuente: Elaboración propia a partir del análisis de los datos de la Web of Science. Se muestran solo las áreas que concentran el mayor número de publicaciones. Creado con Datawrapper.

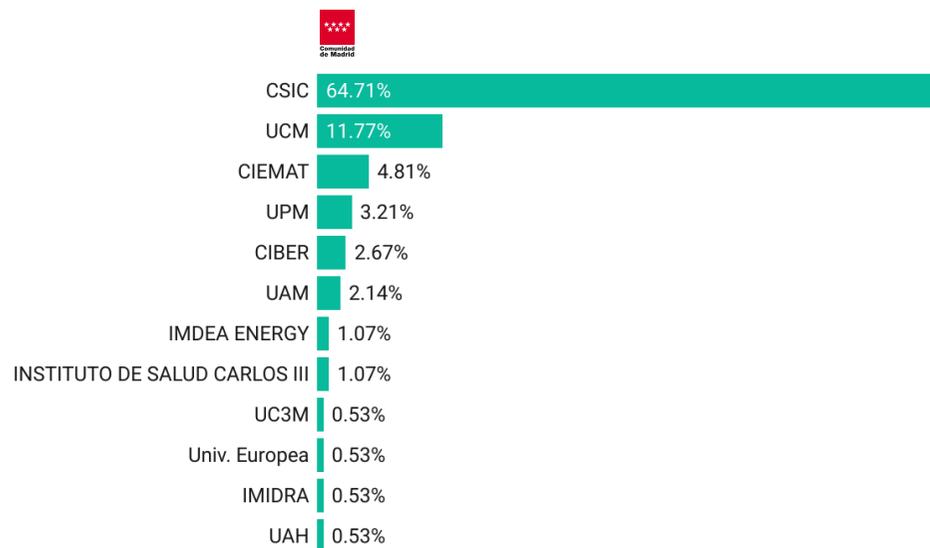
## ORGANIZACIONES CON MAYOR ACTIVIDAD INVESTIGADORA

De nuevo, si obtenemos los datos de las instituciones que lideran la investigación en este ámbito en la CM, destaca por encima del resto el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), que acapara un 52 % de la producción científica. La Universidad Complutense de Madrid (UCM) y la Universidad Autó-



noma de Madrid (UAM) ocupan el segundo y tercer lugar, con un 8,3 y un 6,6 % respectivamente, demostrando también un compromiso significativo con la investigación en tecnologías aplicables a alimentos cultivados. Otras instituciones como el Instituto de Salud Carlos III y sus Centros de Investigación Biomédica en Red (CIBER) también aparecen en este listado. En este contexto, también se menciona al Instituto Español de Oceanografía (IEO), cuya sede central se encuentra en Madrid. Aunque forma parte del CSIC, se ha destacado por separado para resaltar el creciente interés en la región por los productos del mar cultivados en los últimos años.

### Organizaciones de I+D con mayor actividad científica



Fuente: Elaboración propia a partir del análisis de los datos de la Web of Science. Creado con Datawrapper.

### ÁMBITOS MÁS FRECUENTES DE INVESTIGACIÓN

A partir del análisis de los documentos científicos detectados y basándonos en las palabras clave etiquetadas y sus frecuencias de aparición, podemos extraer algunas tendencias en las temáticas de investigación prioritarias que se desarrollan en los organismos científicos en la CM:

### Ámbitos de investigación tratados en los documentos científicos



Fuente: Elaboración propia a partir del análisis de los datos de la Web of Science. Creado con Datawrapper.



La temática más frecuente es la bioquímica y biofísica molecular con un 40,44 %, lo que indica un fuerte enfoque en investigaciones relacionadas con la estructura y función de moléculas biológicas.

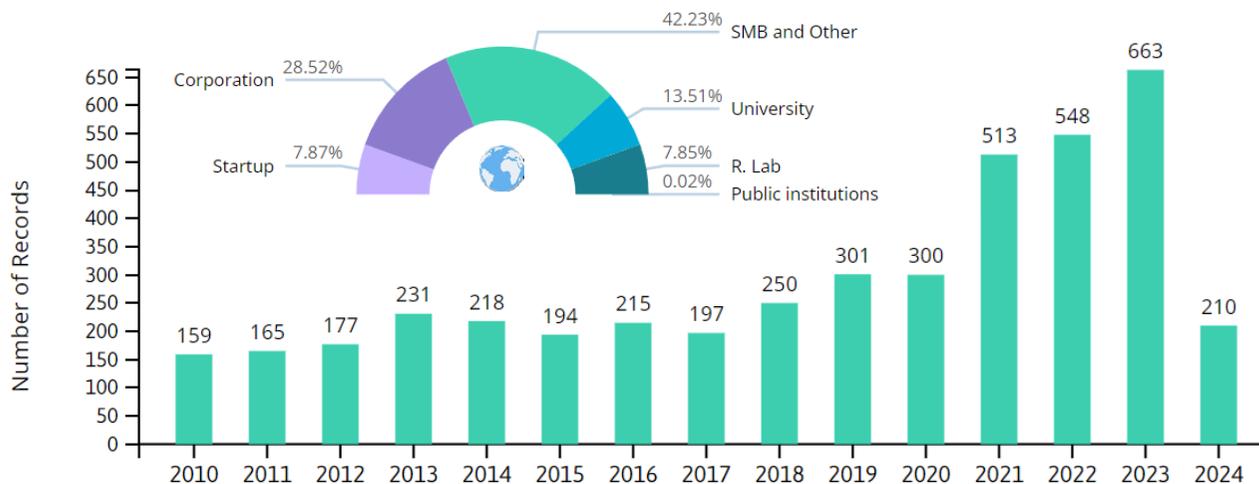
La aparición de las temáticas de alimentos y agricultura podría ser predecible en este ámbito, pero destaca la aparición de temas de acuicultura como un campo emergente, tal y como ya se destacaba en otros indicadores.

Toxicología y farmacología, con un 10,29 y un 8,9 %, indican un interés en los estudios para analizar los efectos tóxicos de este tipo de nuevos alimentos para asegurar la salud de los consumidores.

## PATENTES

La evolución de las patentes a nivel mundial en el ámbito de la carne cultivada ha mostrado un crecimiento constante y significativo en la última década. Entre 2010 y 2015, el número de patentes anuales se mantuvo relativamente estable, con incrementos leves. A partir de 2016, se observa una fluctuación inicial, seguida de una tendencia ascendente más marcada desde 2018. El crecimiento se acelera notablemente entre 2021 y 2023, alcanzando su máximo en 2023 con 663 patentes.

La distribución de estas patentes por tipo de organización también es reveladora. Las **pymes lideran la innovación**, representando el 42,23 % del total de patentes, lo que subraya su **papel clave en el avance del sector**. Las grandes corporaciones les siguen con un 28,52 %, evidenciando su continuo interés y capacidad para invertir en tecnologías avanzadas. Las universidades, con un 13,51 %, también juegan un papel importante. Aunque las *startups* tienen una menor participación, con un 7,87 %, su rol en la introducción de innovaciones disruptivas es crucial. Finalmente, los organismos de investigación aportan un 7,85 %.



Fuente: Elaboración propia a partir de base de datos de patentes e innovación.



Al analizar la distribución geográfica de las patentes en carne cultivada, se observa que Estados Unidos lidera de manera destacada en comparación con el resto del mundo. A continuación, se encuentran Japón y China como los principales centros de generación de patentes en Asia. En Europa, los focos de innovación más relevantes son Suiza, Dinamarca y Alemania. España también aparece en el listado, aunque con una participación discreta, representando solo el 1% de las patentes registradas en este campo tecnológico.

Si echamos una mirada a las grandes corporaciones referentes en este campo por su capacidad de patentar, destacan la holandesa DSM, con casi un centenar de patentes, la danesa Chr. Hansen y la americana UPSIDE Foods, que agrupan más de 200 patentes.

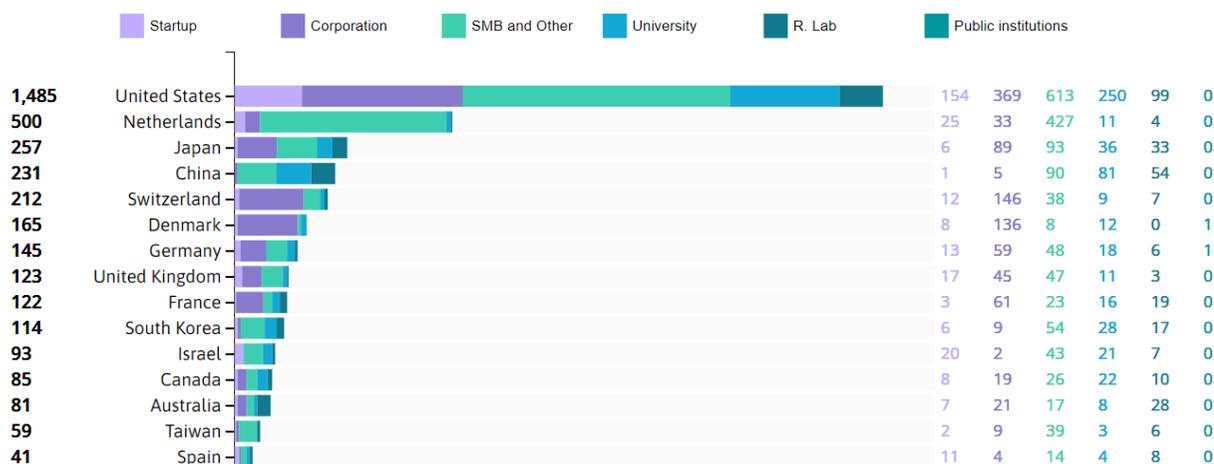
Siguiendo con el análisis y observando con más detalle las *startups* que más destacan en este ámbito, la israelita Aleph Farms junto a la holandesa Mosa Meat y la española Biotech Foods (aunque

adquirida recientemente por la brasileña JBS) son las protagonistas por el volumen de patentes registradas, con unas 40 en conjunto.

En España, destaca por encima del resto la ya mencionada Biotech Foods, y en cuanto a organismos de investigación destaca el CSIC como organismo público con mayor porcentaje de patentes en este ámbito.

## ENTORNO EMPRESARIAL

El entorno empresarial en la industria de la carne cultivada está marcado por una dinámica de rápido crecimiento y fluctuaciones significativas en la inversión. Desde la primera inyección de capital, el sector ha atraído una importante atención financiera, con un claro aumento en los últimos años. Sin embargo, los desafíos actuales en el acceso a capital privado y la variabilidad en las rondas de financiación han generado una cierta incertidumbre. A pesar de ello, la carne cultivada sigue siendo un sector prometedor con oportunidades emergentes para inversores e innovaciones tecnológicas.



Fuente: Elaboración propia a partir de base de datos de patentes e innovación.



## SECTOR PRODUCTIVO | INVERSIONES

Desde la primera inversión en carne cultivada en 2013, el sector ha recaudado un total de 2,85 mil millones de euros, con más del 80 % de estas inversiones concentradas en los últimos tres años. No obstante, en 2023, las inversiones disminuyeron a 200,8 millones de euros, comparados con los 847 millones de euros recaudados en 2022. Esta caída se debe a la ausencia de grandes rondas de financiación, posiblemente reflejando la tendencia general de reducción en el capital de riesgo, que experimentó un descenso del 35 % en el mercado global de este tipo de inversiones.

A pesar de estos desafíos, la industria de alimentos cultivados avanzó en 2023, con un aumento de consumidores que compraron productos por primera vez en los Estados Unidos y con varios países en proceso de revisión de productos para su aprobación regulatoria. Además, ha habido un aumento de la financiación pública en la actividad investigadora y se ha observado una evolución de las empresas que continúan innovando en sus procesos y productos.

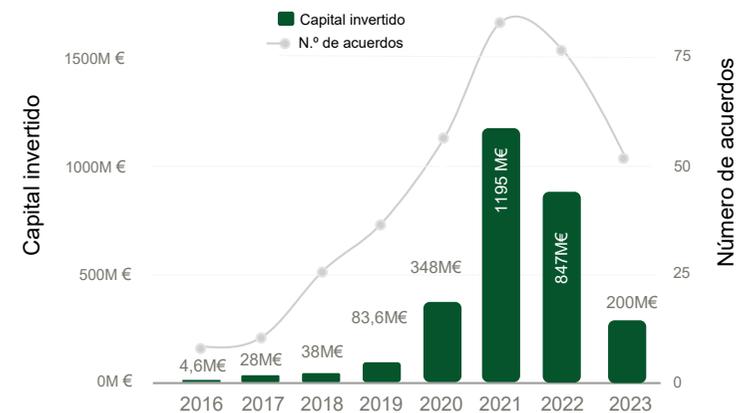
Es previsible que las dificultades para la financiación privada continúen en 2024 debido a las tasas de interés elevadas. No obstante, las proteínas alternativas y la carne cultivada siguen siendo soluciones emergentes y prometedoras para reducir los impactos negativos de la producción tradicional de carne, y representan una importante oportunidad para inversores e industria.

Las empresas mejor posicionadas para atraer inversiones serán aquellas que demuestren desarrollar innovaciones para conseguir la rentabilidad. Además, la deuda a largo plazo, subvenciones e incentivos gubernamentales serán cruciales para reducir costes y alcanzar la paridad de precios con los productos convencionales. Soluciones creativas y colaboraciones entre múltiples actores interesados facilitarán el flujo de capital hacia este sector. A pesar de las difi-

cultades del mercado, parece que se necesita un mayor nivel de financiación para mejorar aspectos clave como la seguridad alimentaria, reducir emisiones y alcanzar objetivos climáticos en este ámbito tecnológico.



Inversión anual en compañías de alimentos cultivados  
Años 2016-2023 | Millones de €

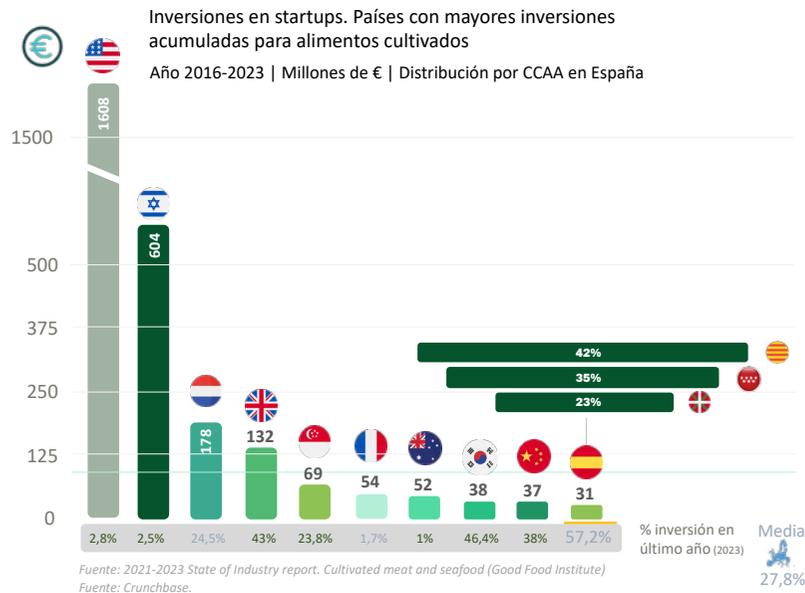


Fuente: Good Food Institute (2023c) y datos de Crunchbase.

Analizando de nuevo el *ranking* de países con más inversiones en *startups* en esta tecnología desde el 2016 hasta el 2023, se observa que Estados Unidos lidera la inversión en empresas y *startups* del sector de la carne cultivada con 1,6 mil millones de euros, seguido por Israel con 604 millones y Países Bajos con 178 millones. Otros países con actividad destacable son Reino Unido, Singapur, Francia, Australia, Corea del Sur, China y España, que ha levantado 31 millones de euros de financiación privada para tres empresas actualmente con actividad en este subsector. Es destacable también el crecimiento de España al mostrar la mayor tasa de crecimiento de inversión en el último año, con un 57,2 %, superando significativamente la media europea del 27,8 %, lo que refleja un creciente interés y el potencial emergente en esta industria.



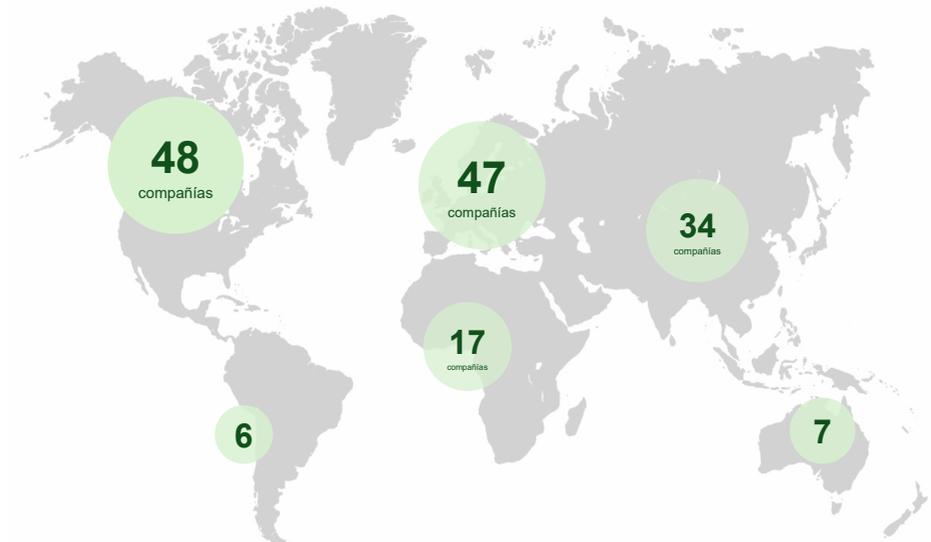
El análisis en España se ha limitado a los datos disponibles de solo tres empresas detectadas con disponibilidad de información sobre rondas de financiación. Se trata de un interés del mercado inversor destacado de unos 31 millones de euros, pero moderado si lo enfrentamos a otros subsectores de nuevos alimentos como son los 57 millones en el caso del mercado de financiación en *startups* de alimentos y proteínas alternativas procedentes de plantas. Sin embargo, en el gráfico también se resalta la posición de la CM en comparación con otras comunidades autónomas (CC. AA.) en España. En 2023, la CM cuenta con una inversión de 17 millones de euros en el sector de la carne cultivada, específicamente recibida por parte de la empresa Cocoon Bioscience. Esta cifra coloca a la región de Madrid en una posición destacada dentro del contexto nacional, aunque por encima se encuentra Cataluña como el principal foco de atracción.



Fuente: Good Food Institute (2023c) y datos de Crunchbase.

La industria de la carne cultivada en 2023 muestra un panorama dinámico y en expansión. Actualmente, existen aproximadamente 160 empresas dedicadas exclusivamente a la producción de carne cultivada, además de más de 80 empresas adicionales involucradas en distintas fases de la cadena de producción.

En términos de distribución geográfica, los focos de innovación y desarrollo se concentran en varias regiones clave. Los principales focos de actividad se encuentran en Estados Unidos y Canadá, donde se establece el 30,18 % de las empresas dedicadas a la carne cultivada, mientras que Europa es la otra gran zona protagonista, albergando el 29,5 %. La región de Asia-Pacífico, aunque en menor medida, también genera una destacada actividad, con el 21,38 % de las empresas.



Fuente: Good Food Institute (2023d).



Las inversiones en empresas emergentes en la industria de los alimentos cultivados han sido significativas en estos últimos tres años. Entre los principales eventos de apoyo financiero se encuentra la mayor inversión de 2022, que fue de 369 millones de euros realizada a Upside Foods (USA) por dos fondos de capital riesgo de Emiratos Árabes (Abu Dhabi Growth Fund) y Singapur (Temasek Holdings), y la mayor inversión de 2021, que fue de 320 millones de dólares para Future Meat Technologies (Israel). Además, el sector ha experimentado varios eventos de liquidez importantes, como la adquisición de la española BioTech Foods por JBS, la adquisición de Peace of Meat (Alemania) por MeaTech, y la adquisición de Cultured Decadence por la anteriormente mencionada Upside Foods.

El interés en este sector se ve refrendado por las grandes corporaciones, que también están tomando posiciones. Tal es el caso de Nestlé, que en el 2021 comenzó una colaboración con Believer Meats (anteriormente Future Meat Technologies) para desarrollar productos con ingredientes de origen vegetal y carne cultivada, y parece que están intentando producir sus propios productos.

Por otro lado, la multinacional Tyson Foods, centrada en productos cárnicos y proteicos, invirtió en el 2018 en sus inicios en Upside Foods y en Believer Meats en 2021.

La multinacional de carne JBS también ha mostrado su interés adquiriendo la *startup* española BioTech Foods en 2021 y anunció el desarrollo de un centro de I+D de carne cultivada en Brasil. Cargill, la corporación global de alimentación que brinda servicios agrícolas y financieros, ha invertido hasta la fecha en nueve acuerdos con empresas e instituciones de I+D para desarrollar carne cultivada.

## ECOSISTEMA INNOVADOR NACIONAL

El ecosistema empresarial español en torno al desarrollo de la carne cultivada está creciendo rápidamente, con varias *startups* que destacan en el ámbito de la biotecnología y la producción de proteínas alternativas.

**BioTech Foods**, fundada en 2017 en San Sebastián, es una *startup* española que produce productos de carne cultivada. La empresa fue adquirida por la brasileña JBS en 2021, una de las mayores compañías mundiales de carne, con una inversión de 36 millones de euros. Esta adquisición permitió a BioTech Foods expandir su capacidad de producción, construyendo la que será la mayor planta de carne cultivada del sur de Europa para avanzar en el desarrollo de productos como salchichas, hamburguesas y albóndigas a partir de carne cultivada. Además, la empresa ha recibido apoyo significativo tanto nacional como desde la Unión Europea, incluyendo una subvención de 2,7 millones de euros del programa Horizonte 2020 con un proyecto europeo denominado Meat4All que finalizó en el 2023.

La empresa catalana **Cubiq Foods**, establecida en Barcelona en 2018, se especializa en el desarrollo de grasa cultivada y ácidos grasos omega-3 basados en células. Con una financiación total de 20,8 millones de euros, ha atraído inversiones de grandes corporaciones como Cargill y Moira Capital Partners. Cubiq Foods se centra en la optimización de ingredientes, trabajando en soluciones innovadoras para la industria alimentaria.

Finalmente, la empresa **Cocoon Bioscience**, una *startup* fundada en 2022 con sede en Madrid, se dedica a la fabricación de factores de crecimiento y enzimas de alto rendimiento utilizando insectos como biorreactores naturales. La empresa ha levantado unos 17 millones de euros en financiación de capital riesgo y cuenta con el apoyo de inversores como Algenex y Columbus Venture Partners. Cocoon Bioscience se enfoca en la optimización de ingredientes



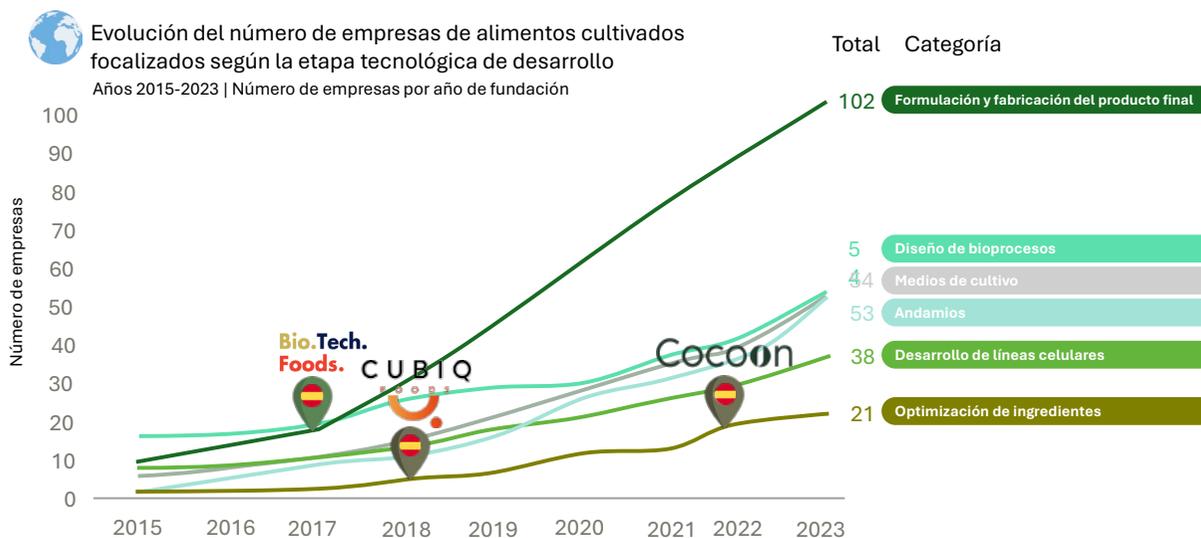
y factores de crecimiento para la industria de proteínas alternativas y de los alimentos cultivados.

El interés de las grandes empresas en el sector de la carne cultivada en España también es muy notable a tenor de las inversiones ya analizadas anteriormente, que posicionan a España con las tasas de crecimiento mayor en inversiones privadas en los dos últimos años.

En resumen, el mercado de carne cultivada en España está en auge, impulsado por *startups* innovadoras y el interés de grandes corporaciones internacionales. Las empresas españolas están liderando el desarrollo de tecnologías de vanguardia y atrayendo inversiones significativas, posicionándose como actores clave en la transición hacia fuentes de proteína más sostenibles y éticas.

## RETOS DE INNOVACIÓN

Los productos cultivados directamente a partir de células animales, incluyendo carne y mariscos «cultivados», ya están comenzando a aparecer en el mercado, aunque pasarán todavía algunos años antes de que alcancen la paridad con las proteínas animales convencionales. El primer restaurante de prueba para el pollo cultivado de SuperMeat abrió recientemente en Israel, y Eat Just ha recibido aprobación para vender su pollo cultivado en Singapur. Otras empresas en todo el mundo están probando una variedad de productos. Sin embargo, el costo de producir carne cultivada sigue siendo superior al de la carne convencional.



Fuente: Good Food Institute (2023c) y datos de Crunchbase.



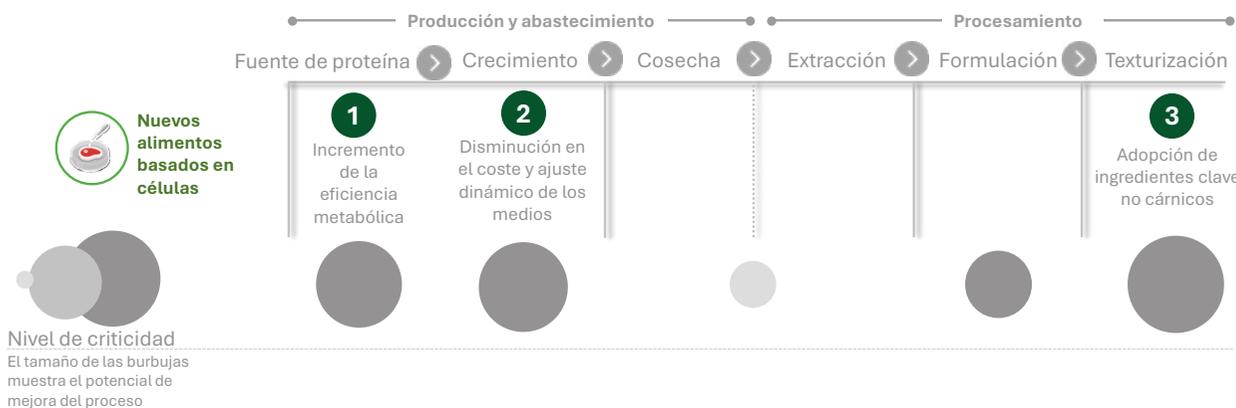
Las proteínas alternativas basadas en células animales son el siguiente paso disruptivo en la evolución de la agricultura. Hemos pasado de tener una sola vaca en el patio trasero a criar animales a escala industrial, y lo que viene con estas innovaciones son granjas sin animales. De hecho, algunas empresas planean producir carne basada en células animales en lo que es esencialmente una granja grande, con múltiples biorreactores uno al lado del otro, como vacas en un establo.

Se espera que las carnes y mariscos basados en células animales se acerquen a la paridad de pre-

cios para la década de 2030. Para ello existen todavía diversos retos tecnológicos para conseguir el crecimiento eficiente de células y unas características organolépticas adecuadas.

Si se analizan cada una de las fases del proceso de producción, se puede determinar qué etapas son claves y qué retos científico-tecnológicos son prioritarios. En el gráfico se identifican las etapas del proceso y los tres puntos críticos donde los retos tecnológicos pueden dar lugar a innovaciones que mejoren el desarrollo del producto:

### Priorización de los puntos críticos para definir los retos de innovación en el proceso de desarrollo de nuevos alimentos basados en células



Fuente: Witte et al. (2021).



**1. Incremento de la eficiencia metabólica:** Mejorar la velocidad y el rendimiento del proceso de cultivo se logrará mediante la selección de células adecuadas y la optimización de las condiciones de crecimiento. Esto permitirá reducir los costos de las instalaciones y de mano de obra, entre otros, haciendo más eficiente el coste por kilogramo de producto terminado.

Algunas de las innovaciones en esta fase se centran en analizar las diferencias de rendimiento entre la obtención de células de animales jóvenes y mayores, así como de diferentes tejidos. También se está explorando la modificación de células para reducir la producción de subproductos como el lactato, que puede volverse tóxico si se acumula en cultivos de alta densidad.

**2. Disminución del coste del medio de cultivo y factores de crecimiento:** El medio de cultivo para proteínas basadas en células animales debe optimizarse para reducir costes. Actualmente, las innovaciones se enfocan en reemplazar los costosos ingredientes de grado farmacéutico, como los factores de crecimiento, por alternativas de uso alimentario más asequibles. Además, se espera que estos ingredientes disminuyan aún más su precio gracias a economías de escala en su producción.

El siguiente paso en la innovación es el uso más eficiente del medio de cultivo, reciclándolo de manera continua al eliminar residuos y añadir nutrientes. Esto requerirá sensores e instrumentos capaces de ajustar el medio en tiempo real según las necesidades específicas de cada célula.

Otra innovación prometedora, aunque en una fase inicial, es el desarrollo de medios de cultivo a partir de materiales vegetales pretratados con

enzimas para alimentar a las células animales en crecimiento. Aunque la tecnología aún está en desarrollo, tiene el potencial de reducir significativamente los costes.

**3. Utilización de ingredientes clave no cárnicos:** Para alcanzar una similitud organoléptica con trozos de carne completos como si se tratase de un filete entero, las proteínas basadas en células animales deben replicar la calidad fibrosa de las carnes convencionales. Esto requiere añadir ingredientes no cárnicos para inducir a las células en crecimiento a formar fibras y grasa similar a la de la carne. Superar este reto tecnológico no afectará significativamente el coste de la proteína (se estima que la mejora en esta etapa no influirá en más del 10-20 % del coste total), pero ayudará considerablemente a la aceptación de este producto alternativo por parte del conjunto de los consumidores.

La formación de fibras se puede inducir sembrando células en estructuras llamadas andamios: estructuras comestibles hechas de polímeros producidos con plantas, microorganismos o incluso proteína de soja texturizada.

Uno de los aspectos que pueden influir en el sabor y estructura del producto en esta etapa es la adición de grasa, lo que constituye actualmente un desafío para muchas empresas. Algunas de ellas utilizan tecnologías de bioimpresión para proporcionar a las células estos ingredientes. Otro de los retos que se plantean es el de utilizar grasas saludables para mejorar las características nutricionales de estas alternativas frente a las tradicionales, menos saludables.



# 4. NUEVOS ALIMENTOS BASADOS EN INSECTOS

## RESUMEN

### ESTADO ACTUAL DE DESARROLLO TECNOLÓGICO

### ENTORNO DE LA I+D

Evolución de la capacidad investigadora

Áreas de investigación más activas

Áreas de investigación emergentes

Organizaciones con mayor actividad investigadora

Ámbitos más frecuentes de investigación

Patentes

Entorno empresarial

Sector productivo | Inversiones

Ecosistema innovador nacional

Retos de innovación

## 4. Nuevos alimentos basados en insectos



### RESUMEN

Los sistemas alimentarios actuales se enfrentan al gran reto global de producir suficientes alimentos de características nutritivas aceptables y ricos en contenido proteico para la creciente población mundial. Los animales de granja convencionales son actualmente la mayor fuente de proteína a nivel mundial y representan más del 30 % de todas las calorías consumidas por los humanos. Para el año 2050, se estima que la oferta global de proteínas deberá aumentar en aproximadamente un 40 % para evitar una escasez y un incremento de los precios. Incrementar la producción de proteínas animales a este nivel sería costoso, tanto en términos económicos como ambientales, y estaría limitado por la disponibilidad de recursos naturales. La diversificación de las cadenas de suministro de alimentos a nivel global resulta esencial para establecer sistemas alimentarios más resilientes, capaces de enfrentar interrupciones y crisis derivadas del cambio climático, daños ambientales, enfermedades emergentes, etc.

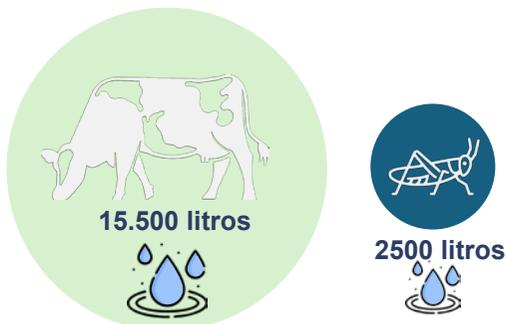
En respuesta a este desafío, surge la alternativa del **consumo de insectos**, conocido como entomofagia. Según la FAO<sup>1</sup>, esta práctica ya forma parte de la dieta de aproximadamente dos mil millones de personas, es decir, un tercio de la población mundial. Este enfoque no solo proporciona una fuente adicional de proteínas, aparte de las provenientes de animales de granja, sino que también ofrece beneficios significativos para la conservación de los recursos naturales y la protección del medio ambiente.

Entre los beneficios de la entomofagia se destacan el menor uso de agua y tierras, la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y una menor demanda energética, contribuyendo así a resolver el problema del aumento de la demanda alimentaria. Además, los insectos tienen la capacidad de convertir desechos orgánicos de bajo valor en alimentos proteicos, lo que no solo aumenta la sostenibilidad de su producción, sino que también permite gestionar los residuos de manera eficiente. Por ejemplo, la producción de un kilogramo de proteínas de insectos genera hasta cien veces menos emisiones de CO<sub>2</sub> y hasta seis veces menos gastos de agua en comparación con la producción de un kilogramo de carne de ternera.

<sup>1</sup> Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.



### Estimación del agua necesaria para producir 1 kg de alimento comestible

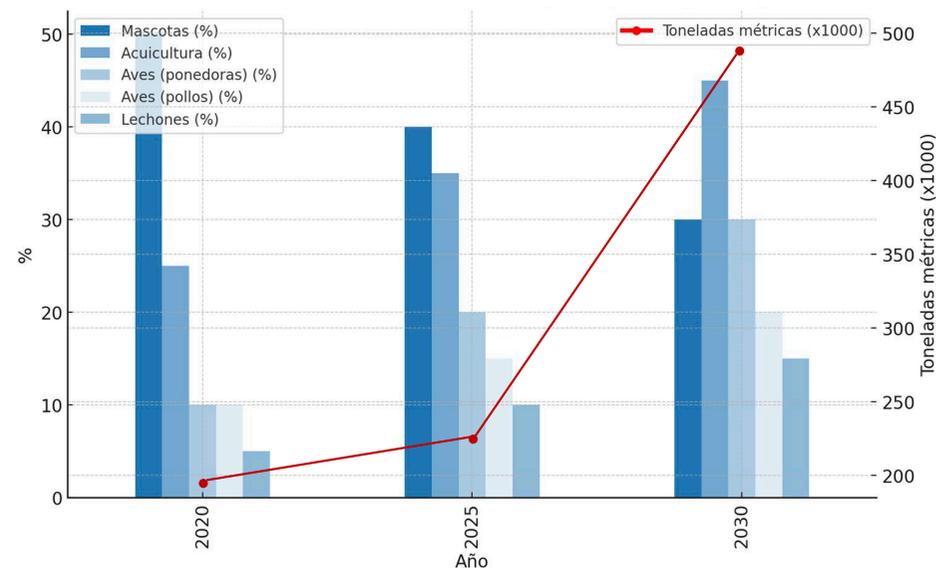


Fuente: Elaboración propia con los datos de la FAO (2020) y de la Fundación Aquae.

La industria global de insectos comestibles está creciendo rápidamente, con un mercado mundial que ha alcanzado en torno a los 3 mil millones de euros en el 2023<sup>2</sup> y con una previsión de tasa de crecimiento anual compuesto (CAGR) en torno al 20 % hasta 2030<sup>3</sup>. La región de Asia-Pacífico domina este mercado con una participación del 40 %, seguida por Norteamérica y Europa con tamaños de mercado comparables, del 29 y el 22 % respectivamente. Actualmente, el mayor segmento del mercado está representado por los insectos enteros, que constituyen aproximadamente una cuarta parte de los productos disponibles. Además, la harina derivada de insectos ya se comercializa y se utiliza en numerosos países para crear aditivos que se incorporan en alimentos procesados. En un futuro cercano, es probable que los insectos se conviertan en una de las principales opciones para aquellas personas que prestan especial atención a los valores nutricionales de los alimentos, ya que pueden estar enriquecidos con estas harinas proteicas.

Actualmente, la producción de insectos se concentra principalmente en el mercado de alimentos para mascotas, representando el 54 % del total en 2020. Sin embargo, se prevé que en las próximas dos décadas esta tendencia cambiará, desplazándose hacia el sector de la acuicultura. Se estima que la participación de los insectos en el mercado de alimentos para mascotas disminuirá al 30 % para 2030, mientras que la proporción destinada a la acuicultura aumentará del 25 a más del 40 % durante el mismo periodo.

### Datos del mercado de insectos (2020, 2025, 2030)



Volumen del mercado de insectos en 2020, 2025 y 2030 y los porcentajes de la alimentación para diferentes especies animales. Fuente: De Jong y Nikolik (2021).

<sup>2</sup> MMR (2023).

<sup>3</sup> Estudios de mercado de Future Insights y Spherical Insights.



Más de 2100 especies de insectos son consumidas actualmente a nivel mundial; sin embargo, las especies más comunes utilizadas para la alimentación humana son los grillos y los gusanos de la harina, mientras que la mosca soldado negra es la principal especie utilizada como alimento para animales.

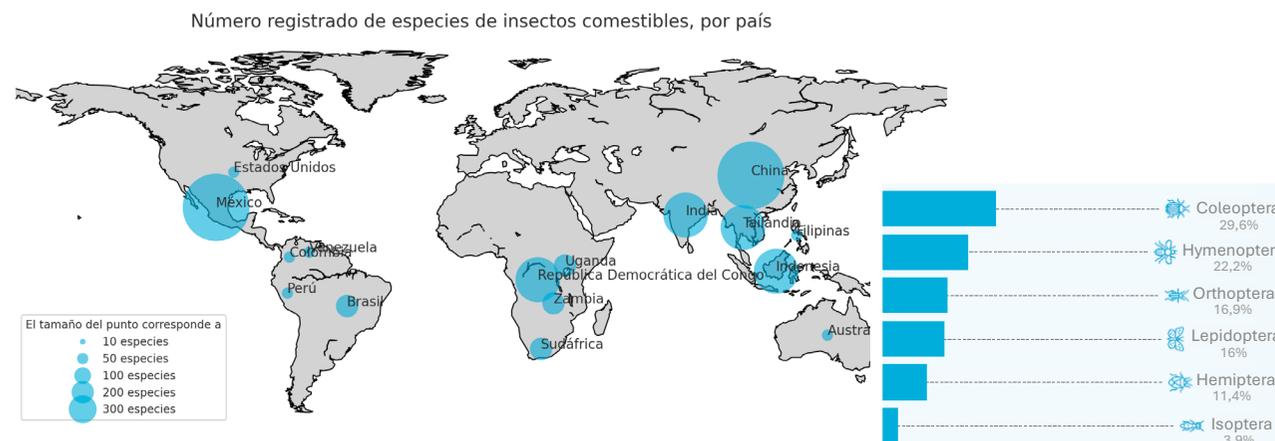
A nivel mundial, los insectos más consumidos pertenecen a diversos órdenes, y su consumo varía significativamente. Según el gráfico proporcionado, la distribución del consumo de insectos es

la siguiente: Coleoptera (escarabajos) encabeza la lista con el 29,6 % del consumo mundial, seguido de Hymenoptera (abejas, avispas y hormigas) con un 22,2 %, Orthoptera (saltamontes, langostas y grillos) con un 16,9 %, Lepidoptera (orugas), especialmente popular en África subsahariana con un 16 %, Hemiptera (cigarras, saltahojas, insectos escamosos e insectos verdaderos) con un 11,4 %, e Isoptera (termitas) con un 3,9 %. Otros órdenes, como Odonata (libélulas) y Diptera (moscas), tienen un consumo menor y no están representados específicamente en el gráfico.

En cuanto a los perfiles nutricionales de este tipo de alimentos, los insectos destacan especialmente por su alto valor nutricional, pues son ricos en proteínas, ácidos grasos omega-3, hierro, zinc, ácido fólico y vitaminas B12, C y E.

Sin embargo, para seleccionar las especies de insectos adecuadas para la cría, se deben considerar también otros criterios como la automatización, el uso de sustratos baratos, la prevención de enfermedades y el potencial del mercado. La genética también está siendo explorada para mejorar la producción, ya que es un proceso complejo, pero que básicamente se divide en tres fases principales:

- La fase de **cosecha**, que ocurre durante diferentes etapas de vida según la especie cultivada.
- La fase de **escaldado**, que actúa como pretratamiento para reducir la cantidad de microorganismos y desactivar las enzimas degradativas que pueden causar intoxicaciones alimentarias y descomposición.
- Finalmente, los métodos de **secado** son cruciales para la conservación y almacenamiento de los insectos.



Distribución geográfica y porcentaje de especies de insectos consumidos a nivel mundial.

Fuente: Datos del Centro de Información Geográfica, Universidad de Wageningen.

En el sector comercial, las granjas de insectos y los productos derivados han demostrado ser financieramente viables gracias a la creciente deman-



da de los consumidores. La inversión de capital ha sido un factor clave en la aparición de nuevas empresas alimentarias basadas en insectos, lo que refleja un interés creciente en este mercado emergente.

De cara al futuro, se anticipa que el mercado de insectos comestibles seguirá expandiéndose, impulsado por la necesidad de alternativas alimentarias sostenibles y una mayor conciencia sobre la sostenibilidad. Para capitalizar las oportunidades de este mercado, es crucial fomentar la colaboración entre sectores y mantener una continua actividad científica y de innovación.

Sin embargo, para que la industria prospere, es fundamental superar las barreras regulatorias y lograr una mayor aceptación por parte de los consumidores. Esto requiere de una investigación constante, la cooperación entre diferentes sectores y la implementación de estrategias de *marketing* efectivas que promuevan los beneficios y la viabilidad de los productos a base de insectos.

# ESTADO ACTUAL DE DESARROLLO TECNOLÓGICO

Este sector está bien establecido y crece rápidamente en Europa y América del Norte. Actualmente, numerosas empresas relacionadas con insectos comestibles operan en el mundo, produciendo una variedad de productos que

van desde saborizantes, confitería y bebidas hasta alimentos más nutritivos. A pesar de la biodiversidad global de insectos, con más de un millón de especies en todo el mundo<sup>4</sup> y más de dos mil especies comestibles, solo dos tipos de insectos fundamentalmente se han comercializado con éxito para el consumo humano: los grillos y los gusanos de la harina.

Necesidad de alimentar a una población en crecimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad limitada de los sistemas alimentarios globales para alimentar a 10 mil millones de personas para 2050.</li> <li>• Distribución equitativa de alimentos.</li> <li>• Necesidad de mejorar las dietas globales más fácilmente accesibles y de mayor valor nutricional de los alimentos (reducir el consumo de alimentos ultraprocesados).</li> </ul>
Cultura y economía	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Necesidad de alimentos producidos de manera ética y sostenible.</li> <li>• Necesidad de mantener las tradiciones culturales en respuesta a la globalización.</li> <li>• Necesidad de reconocer y proteger el conocimiento de las "primeras" naciones.</li> </ul>
Impacto ambiental	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Impactos negativos en la biodiversidad causados por la limpieza de hábitats para la agricultura.</li> <li>• Incremento en las emisiones de gases de efecto invernadero y la producción de desechos.</li> <li>• Prácticas agrícolas intensivas en recursos (es decir, energía, agua, alimento, fertilizantes, pesticidas, etc.).</li> </ul>
Cambio climático	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Impactos más frecuentes en los sistemas alimentarios debido a sequías, incendios, tormentas e inundaciones, reduciendo la rentabilidad y la sostenibilidad.</li> <li>• Mayor prevalencia de plagas y enfermedades.</li> <li>• Crisis en la cadena de suministros, destacando la necesidad de mayor protagonismo de alimentos producidos localmente y mejora del valor nutricional.</li> </ul>

Fuente: CSIRO (2021).

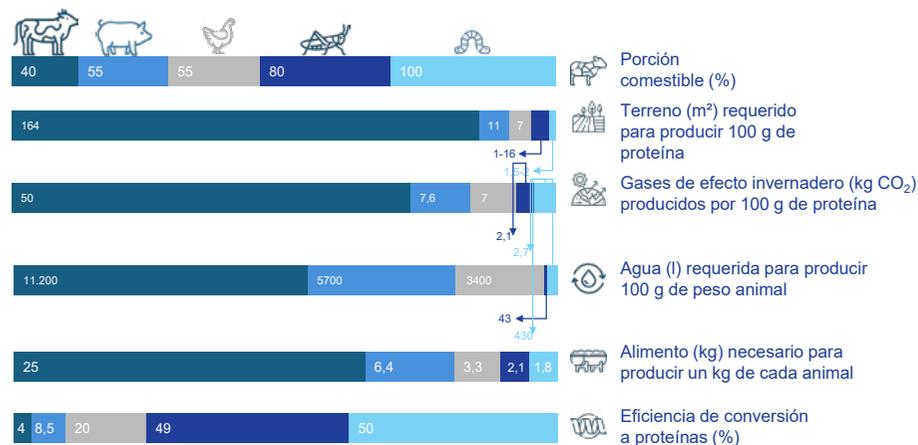
Los insectos son altamente eficientes en la conversión de sustrato en proteínas y otros compuestos de alto valor nutricional. Disponen de una tasa de conversión de aproximadamente el 50 %, lo que significa que necesitan alrededor de 2 kg de sustrato de alimento para producir 1 kg de proteína. Teniendo en cuenta que al menos el 80 % de todo el insecto puede ser comestible, y que requieren menos recursos de espacio, alimento y agua, su proceso productivo es capaz de generar menos residuos asociados con su

<sup>4</sup> Según múltiples fuentes, se han descrito y reconocido más de un millón de especies de insectos en el mundo. Sin embargo, se estima que el número real de especies de insectos podría ser significativamente mayor, posiblemente alrededor de 5,5 millones, con algunas estimaciones que sugieren hasta 30 millones de especies no descubiertas aún (Royal Entomological Society).



cría que la producción de proteína tradicional como es la cría de ganado. Aunque la información detallada sobre la capacidad sostenible de estos sistemas de producción de insectos es escasa, los resultados iniciales parecen prometedores.

Para tener una visión comparativa de los recursos necesarios entre estos modelos productivos, se puede observar el gráfico siguiente, donde se aprecia que el ganado avícola requiere tres veces más espacio y emite un 50 % más de gases de efecto invernadero que la cría de gusanos de la harina. Por otro lado, la producción de carne del ganado bovino requiere casi diez veces más espacio y alimento, además de producir dieciocho veces más gases de efecto invernadero para obtener la misma cantidad de proteína.



Fuente: CSIRO (2021).

## Valores nutricionales del consumo de insectos

Numerosos estudios<sup>5</sup> han concluido que los insectos pueden proporcionar energía, proteínas y ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados, además de aportar micronutrientes esenciales. Sin embargo, la variabilidad de estos compuestos nutricionales es muy diferente dependiendo de diversos factores, como la especie y variedad de los insectos, así como la dieta, el sexo, la fuente geográfica o la etapa de crecimiento.

Los análisis de la calidad de la proteína de ciertos insectos, como el grillo doméstico y el gusano de la harina, han demostrado ser adecuados para diferentes grupos de edad. Las condiciones ambientales en la cría de los insectos, como la humedad y la luz, pueden influir en los valores nutricionales. Además, otros aspectos y técnicas de procesado como la dieta o técnicas de irradiación ultravioleta se han reportado como útiles para mejorar el contenido de ácidos grasos omega-3 y los niveles de vitaminas.

Existen otros compuestos presentes en mayor o menor medida, dependiendo de la tipología de los insectos, que también presentan potenciales beneficios para la salud humana. La quitina y sus derivados, así como la presencia de ciertas bacterias intestinales beneficiosas (que pueden fomentarse con un manejo adecuado) –con efectos antiinflamatorios, preventivos de la diabetes y la obesidad– y distintos compuestos bioactivos en los insectos, como los péptidos antimicrobianos (AMP), muestran propiedades prometedoras en aplicaciones terapéuticas y profilácticas, ofreciendo una alternativa a los antibióticos tradicionales.

En el ámbito de la agricultura, la **quitina** y el **quitosano** derivados de insectos también pueden encontrar una salida, ya que favorecen la salud de las plantas,

<sup>5</sup> Rumpold y Schlüter (2013).



demostrando capacidad para controlar enfermedades como la marchitez bacteriana del tomate<sup>6</sup>.

En definitiva, los insectos comestibles no solo son una **fente de nutrientes saludables** y rica en micronutrientes, sino que también ofrecen beneficios significativos para la salud humana y animal, así como aplicaciones valiosas en la agricultura sostenible.

## Elección de las especies y cepas de insectos

En primer lugar, se enfatiza la importancia de seleccionar especies de insectos que presentan características óptimas para la producción a gran escala y su automatización. Las especies ideales deben tener una alta capacidad de conversión del sustrato nutritivo, lo que significa que pueden transformar eficientemente los nutrientes del alimento en masa corporal. Además, deben tener bajos requerimientos de mantenimiento y ser capaces de reproducirse rápidamente, lo que reduce los costes y el tiempo necesario para su cría.

Los insectos seleccionados también deben tener una dieta plástica, es decir, deben ser capaces de alimentarse de una variedad de materiales, incluidos desechos agrícolas y subproductos de la industria agroalimentaria. Esta característica no solo contribuye a la sostenibilidad, al reducir la dependencia de recursos alimenticios específicos, sino que también permite la utilización eficiente de desechos orgánicos que de otro modo serían desperdiciados. Estos criterios aseguran que la producción sea eficiente, económica y sostenible, facilitando la integración de los insectos en los sistemas alimentarios actuales.

<sup>6</sup> Sun *et al.* (2023).

<sup>7</sup> La miasis es una enfermedad parasitaria ocasionada por larvas de mosca que afecta los tejidos y órganos de vertebrados.

En este contexto de la investigación e innovación, se han identificado varias especies que son particularmente adecuadas debido a sus características biológicas y productivas. Los insectos actualmente criados como alimento incluyen principalmente escarabajos de la familia *Tenebrionidae*, tales como el gusano de la harina (*Tenebrio molitor*), el gusano menor de la harina (*Alphitobius diaperinus*) y el gusano rey o «supergusano» (*Zophobas morio*). Además, se crían ciertos ortópteros, incluyendo el grillo doméstico (*Acheta domestica*), el grillo doméstico tropical (*Grylodes sigillatus*) y el grillo biespiculado (*Gryllus bimaculatus*), así como especies de saltamontes como la langosta migratoria (*Locusta migratoria*). Entre los lepidópteros, se encuentran especies como la polilla de la cera (*Galleria mellonella*) y el gusano de seda (*Bombyx mori*).

Para la producción de alimento para animales, las especies más comunes son los gusanos de la harina y ciertas moscas, en particular la mosca soldado negra (*Hermetia illucens*) y la mosca doméstica (*Musca domestica*). La elección de estas especies se ha basado en la experiencia previa de las empresas de cría de insectos, que inicialmente las criaban para alimentar a mascotas, aves y reptiles.

Algunas de estas especies fueron inicialmente consideradas plagas. Por ejemplo, la mosca soldado negra se conoce por su capacidad para producir miasis<sup>7</sup> en humanos y el gusano de la harina menor ha sido identificado como un vector de enfermedades en aves de corral. A pesar de esto, su potencial como fuente de proteínas sostenibles ha llevado a su inclusión en programas de cría intensiva.

La investigación y la industria continúan explorando nuevas especies para la producción a gran escala, con propuestas que incluyen diversas moscas de la



carne para biodegradación y nuevas especies de grillos. Además, algunas especies de insectos ya criadas para otros fines, como la mosca mediterránea de la fruta (*Ceratitis capitata*), utilizada en la técnica del macho estéril<sup>8</sup>, están siendo reconsideradas para la producción de aceite y polvo de proteína para consumo humano.

Otra de las variables importantes es la **selección de cepas** en la cría de insectos, un área de enfoque reciente en instalaciones industriales y que se considera clave para mejorar la productividad y eficiencia en la producción masiva de insectos en flujos específicos de desechos. Un ejemplo de mejora moderna es la cepa Qinghuang\_1 del gusano de seda del roble chino (*Antheraea pernyi*)<sup>9</sup>, seleccionada por su alto rendimiento, estabilidad, fuerte resistencia y amplia adaptabilidad. Esta cepa ha sido fundamental para la producción industrial y la cría en China.

Otro ejemplo lo encontramos en el proceso de cría industrial del gusano de seda, ya que las cepas afectan significativamente al contenido de carotenoides de las pupas, lo que tiene implicaciones nutricionales importantes<sup>10</sup>. Asimismo, la mosca soldado negra muestra variaciones en el desarrollo y la eficiencia de conversión de desechos entre diferentes cepas<sup>11</sup>. De manera similar, en el gusano de la harina, las cepas de desarrollo rápido acumulan mayores reservas de lípidos y muestran diferencias en supervivencia, producción de biomasa larval, tiempo de desarrollo y utilización del alimento<sup>12</sup>.

Además de la importancia en la elección de las cepas de insectos, también es crucial considerar las cepas de la microbiota intestinal presente en los insectos. Por ejemplo, una cepa bacteriana, *Pediococcus pentosaceus*, aislada del intestino del gusano de la harina, ha demostrado ser capaz de inhibir patógenos de insectos y mejorar la tasa de crecimiento y supervivencia larval<sup>13</sup>.

Sin embargo y en la cara opuesta, los retos de investigación también pasan por la caracterización, detección y manejo de nuevas cepas patógenas para los insectos que pueden representar un desafío significativo. Un caso notable es la aparición de una nueva cepa de virus (iridovirus<sup>14</sup>, cepa Liz-CrIV) que puede afectar al grillo doméstico causando mortalidades inusuales y una disminución en la fecundidad y esperanza de vida, lo que impacta negativamente sobre el rendimiento final del proceso de cría<sup>15</sup>.

Este breve análisis subraya la **importancia de la investigación e innovación continua** en el desarrollo de estos procesos de cría de insectos, con el fin de identificar y optimizar las especies más adecuadas para la producción a gran escala. Además, la selección y mejora de cepas, tanto de insectos como de su microbiota, se muestra como un punto crítico para optimizar la producción y eficiencia en la industria de los insectos comestibles, lo que conlleva una monitorización continua para gestionar los riesgos de aparición de nuevas cepas patógenas para asegurar la viabilidad a largo plazo de esta industria emergente.

<sup>8</sup> <https://www.iaea.org/es/temas/tecnica-del-insecto-esteril>

<sup>9</sup> Li *et al.* (2021).

<sup>10</sup> Chieco *et al.* (2019).

<sup>11</sup> Nyakeri *et al.* (2017).

<sup>12</sup> Schebeck *et al.* (2022).

<sup>13</sup> Zhao *et al.* (2022).

<sup>14</sup> Se denominan iridovirus debido a la iridiscencia (un efecto óptico que causa un cambio de color dependiendo del ángulo de visión) observada en algunos de los insectos infectados, que es causada por la acumulación de partículas virales cristalizadas en sus tejidos.

<sup>15</sup> Duffield *et al.* (2021).



## Sustratos nutricionales

La elección adecuada de los sustratos nutricionales es fundamental para la cría industrial de insectos destinados a la alimentación. No solo impacta el crecimiento y desarrollo de los insectos, sino que también afecta la composición nutricional y la viabilidad económica del proceso. Como se ha mencionado anteriormente, esta industria destaca por su capacidad para aprovechar los residuos agroalimentarios.

La eficiencia con la que los insectos convierten el alimento en biomasa es un indicador clave de rendimiento en la cría industrial. Sustratos nutricionalmente equilibrados pueden optimizar esta eficiencia, haciendo que la producción de insectos sea más competitiva en comparación con otras fuentes de proteína. La suplementación de la dieta con materiales vegetales frescos ha demostrado mejorar la tasa de conversión de alimento. Por ejemplo, los gusanos de la harina alimentados con sustratos enriquecidos con zanahoria, naranja y col roja mostraron tasas de crecimiento mejoradas y un incremento en el peso de las larvas del 40-46 % en comparación con aquellos alimentados solo con salvado de cereales<sup>16</sup>.

Entre los sustratos nutricionales comúnmente utilizados en esta industria se incluyen el salvado de trigo, que proporciona una base rica en fibra y nutrientes esenciales; la pulpa de frutas y vegetales, que ha demostrado mejorar el crecimiento y la calidad nutricional de los insectos; y los residuos agrícolas. Además, los residuos orgánicos de la cocina y compost pueden ser utilizados para criar larvas de mosca soldado negra (*Hermetia illucens*), contribuyendo a la gestión de residuos y la producción de proteína sostenible.

<sup>16</sup> Liu *et al.* (2020).

<sup>17</sup> Brandon *et al.* (2020).

<sup>18</sup> Phua *et al.* (2021).

Recientemente, se ha prestado atención a la capacidad de los gusanos de la harina para degradar plásticos<sup>17</sup>, como el poliestireno, con la ayuda de microbios intestinales. Además, las larvas de la mosca soldado negra pueden «bioconvertir» lodos de la industria de pulpa y papel<sup>18</sup>.

En la última década, la economía circular ha impulsado la investigación sobre el procesamiento de desechos agrícolas para reconvertirlos en fertilizantes, energía y materiales, así como sobre la posibilidad de procesar desechos alimentarios y subproductos en otros alimentos o piensos para animales de producción ganadera. Sin embargo, a medida que aumente la competencia por estos recursos, los restos de productos agrícolas y alimentos se volverán más caros y ello impactará en la rentabilidad del proceso.

## Proceso tecnológico

El procesamiento de insectos para productos alimenticios y otros usos industriales ha evolucionado considerablemente, especialmente en los países occidentales, donde se han implementado técnicas de cría y procesamiento industrial. Entre las principales claves en el procesamiento tecnológico tradicional y a nivel industrial se podrían mencionar:

- **Condiciones de la cría:** Es fundamental que los insectos sean resistentes a cambios en el microclima de las instalaciones de cría, incluyendo variaciones de temperatura y humedad. Esto facilita el manejo y la operación de las granjas de insectos en diferentes entornos y climas. Asimismo, los insectos deben tener un bajo contenido de quitina, ya que esto mejora la digestibilidad



de los productos derivados y aumenta su aceptabilidad para el consumo humano y animal.

- **Recolección y procesamiento inicial:** En los países tropicales, los insectos se recolectan en la naturaleza y se consumen enteros. En contraste, en los países occidentales, los insectos se crían en granjas industrializadas, donde las larvas enteras pueden secarse y venderse. Los insectos completos también pueden deshidratarse o asarse y luego molerse en polvo, produciendo así harina de insecto, con muchos más usos alimentarios.
- **Seguridad microbiológica:** Para minimizar los riesgos microbiológicos, normalmente se aplica un tratamiento térmico. Por ejemplo, en el caso del grillo doméstico se han utilizado diferentes tratamientos térmicos para reducir la carga microbiana. Se han evaluado varias técnicas tradicionales de procesamiento, como hervido, secado y tostado. La mayoría de estas técnicas mejoran la seguridad microbiológica, aunque alteran el valor nutricional. Por ejemplo, el tostado aumenta el contenido de proteínas y reduce el contenido de grasa en comparación con el hervido. Parece que distintas investigaciones afirman que la aplicación de técnicas de vapor ha mostrado la mayor inactivación.
- **Procesamiento como harinas:** En muchos mercados se utiliza la técnica de la molienda como método tradicional y sencillo para la comercialización del producto y como ingrediente para otros procesos agroalimentarios. A partir de las harinas obtenidas, se pueden crear alimentos como galletas, pasta, barras energéticas, bocadillos, hamburguesas y albóndigas. Sin embargo, presenta desventajas, como el alto contenido de lípidos, lo que causa problemas de transporte y almacenamiento. Además, la composición cruda limita sus aplicaciones en productos alimenticios y reduce la aceptabilidad del consumidor.

- **Aislamiento de proteínas:** Esta tecnología parece ser la más recomendable actualmente para desarrollar productos alimenticios destinados al consumo humano, aislando las proteínas que contienen los insectos. Los pasos de procesamiento incluyen la separación de proteínas, grasas y quitina. La proteína de insecto se puede disolver en un pH alcalino, extrayendo la grasa y la quitina por centrifugación, y luego precipitarse a un pH de 4-5. La grasa se puede eliminar utilizando diferentes métodos industriales de procesamiento en seco y húmedo. La quitina se puede eliminar mediante separación mecánica o hidrólisis enzimática, siendo esta última más sostenible con el medio ambiente.
- **Fermentación:** Se trata de un proceso en el cual los microorganismos crean cambios deseables en los compuestos orgánicos. En la industria de los insectos, se puede aplicar esta tecnología, ya mencionada en apartados anteriores, al preparar el sustrato para alimentar a los insectos o en la fermentación de los propios insectos. Fermentar el sustrato antes de la alimentación de los insectos previene el deterioro, mejora la digestibilidad y aumenta el contenido de proteínas y lípidos para el aislamiento posterior de proteínas del insecto. Aunque hay pocos estudios sobre la fermentación de los propios insectos para uso alimentario, parece que podría mejorar el sabor, el aroma, la vida útil y la digestibilidad, al igual que ocurre en otros procesos alimentarios.
- **Propiedades funcionales:** Se están realizando diferentes investigaciones para tratar de aumentar las propiedades funcionales de los productos derivados de insectos. Suplementar residuos de plantas aromáticas o medicinales en la dieta de los insectos puede aumentar su crecimiento y actividad antioxidante.
- **Otras aplicaciones industriales:** Además de las aplicaciones en alimentos y piensos, distintas investigaciones tratan de demostrar que los insectos pue-



den utilizarse para producir biodiésel a partir de lípidos de la mosca soldado negra y productos para el cuidado de la piel a partir de su grasa purificada. Los péptidos antimicrobianos extraídos de las larvas de la mosca soldado negra tienen aplicaciones terapéuticas y profilácticas, ofreciendo una alternativa a los antibióticos tradicionales. Otros usos se han centrado en emplear insectos como biorreactores naturales para la producción de proteínas recombinantes y enzimas, componentes esenciales en sectores como la biotecnología, la salud, la agricultura y la fabricación de productos industriales.

- **Seguridad alimentaria y regulaciones legales:** La cría de insectos debe garantizar que los productos finales sean seguros para el consumo humano y animal, lo que implica controlar la presencia de residuos químicos y biológicos, así como gestionar adecuadamente los riesgos microbiológicos. La regulación en la UE se realiza bajo el reglamento 2015/2283 sobre nuevos alimentos. La autorización para comercializar estos alimentos requiere una evaluación de seguridad rigurosa realizada por la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA), donde se analizan la producción y el perfil composicional y nutricional, así como la toxicidad y el potencial alergénico del producto. Hasta la fecha, se han aprobado en la UE varios insectos, como el gusano de la harina, el grillo doméstico y la langosta migratoria desde el 2021, en varios formatos, incluidos tanto las formas secas como en harina o parcialmente desgrasada, que pueden ser utilizadas en diversos productos alimenticios como panes y pastas, entre otros. Desde el 2023 también se ha incorporado a esta lista el gusano de la harina menor, que puede comercializarse congelado, deshidratado, en pasta o harinas y en polvo. Adicionalmente, hay varios insectos que están en fase de evaluación, incluyendo otros derivados del gusano de la harina y nuevas formulaciones del grillo doméstico. En todos los casos, el etiquetado adecuado es esencial para informar sobre posibles alérgenos, ya que algunos insectos pueden causar reacciones alérgicas en per-

sonas sensibles. En este sentido, la transparencia se ha mejorado mediante la publicación de resúmenes de las solicitudes y estudios de seguridad previos a las autorizaciones por la EFSA.

En resumen, el procesamiento de insectos para productos alimenticios y otros usos industriales presenta numerosas ventajas y desafíos. La investigación continúa y la implementación de técnicas avanzadas de procesamiento son esenciales para maximizar el potencial de los insectos como una fuente sostenible y nutritiva de alimentos.

## ENTORNO DE LA I+D

### EVOLUCIÓN DE LA CAPACIDAD INVESTIGADORA

De nuevo para esta tecnología y en este apartado se analiza la evolución de las publicaciones científicas, estratificadas en tres niveles: global, nacional y en la CM, para evaluar el interés existente por este ámbito científico.

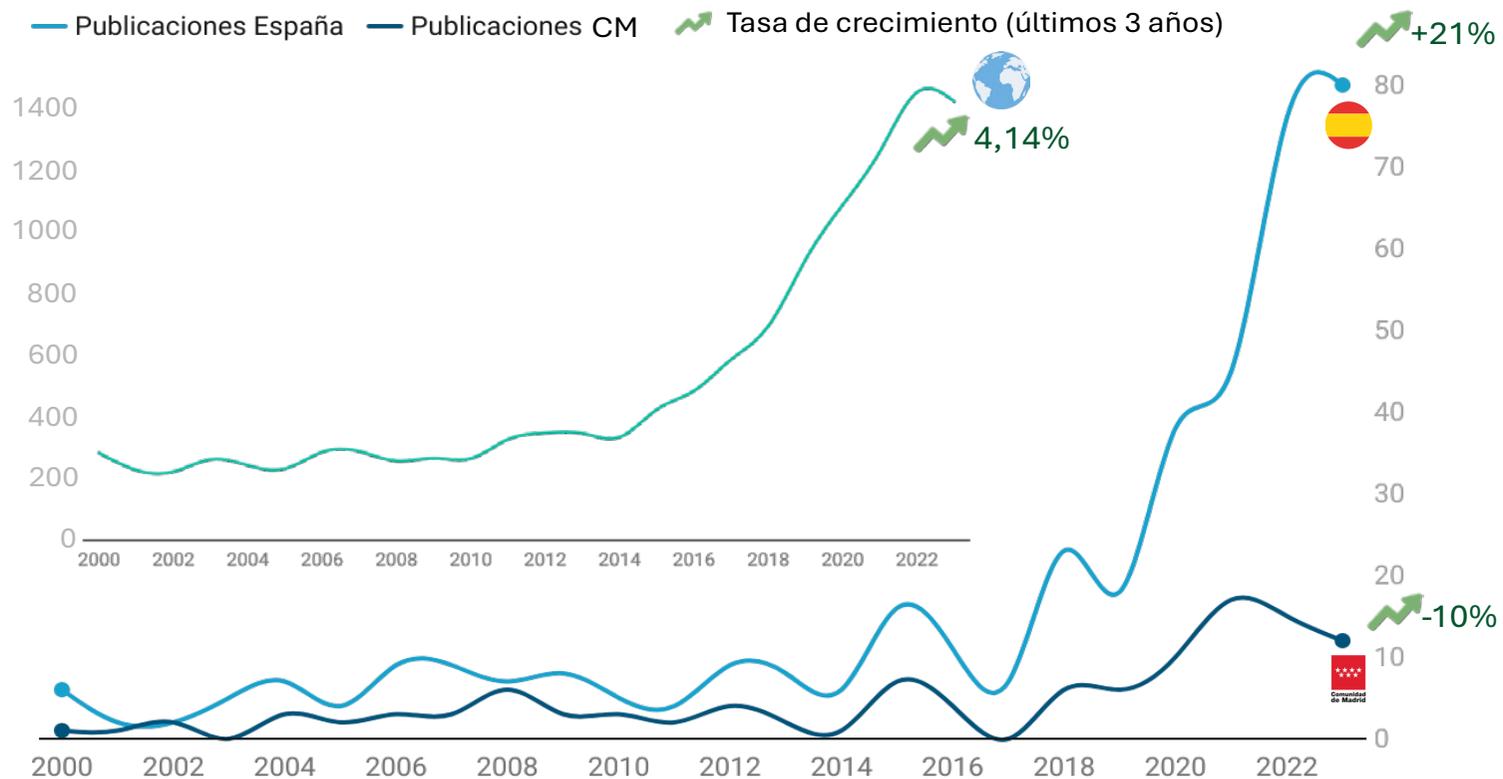
Más del 80 % de las publicaciones sobre insectos comestibles han aparecido en los últimos cinco años, lo que demuestra un interés creciente en este ámbito. El análisis de los datos muestra que la evolución anual de las publicaciones científicas ha aumentado de manera gradual en toda la ventana temporal, pero se ha intensificado a partir del año 2018 a nivel global con un incremento del 4,14 %, patrón que se repite también en otros apartados y que viene a sugerir que ese año supuso un punto de inflexión en la actividad científica en proteínas alternativas. En España, la evolución ha sido menos marcada y más fluctuante, pero con una tendencia creciente en los últimos años, mostrando un incremento del 21 % en la tasa de publicaciones en los últimos tres años.



Por otro lado, las publicaciones en la CM han fluctuado más y, a diferencia de la tendencia nacional y global, han experimentado una disminución del 10 % en su tasa de crecimiento, a diferencia de las otras tres tecnologías, donde se producen tasas de crecimiento positivas y en dos de los casos por

encima de la media nacional. Ello hace pensar que este ámbito ha perdido interés o apoyo por parte de la comunidad científica (como veremos en los apartados siguientes, esto supone un contraste con el interés del capital privado en la CM).

### Evolución anual de la producción científica



Fuente: Elaboración propia a partir del análisis de los datos de la Web of Science.  
Creado con Datawrapper.



Al analizar la distribución geográfica de la producción científica sobre alimentos basados en insectos, se observa una presencia global, con tres principales focos de actividad en Europa, Asia y Norteamérica. Europa, en particular, destaca con un 35 % de las publicaciones, lo que in-

dica un fuerte interés y actividad. Estas regiones parecen estar liderando la investigación en este campo emergente, reflejando tanto el interés de la industria como la aceptación por parte de los consumidores de nuevas tecnologías y alternativas alimenticias.

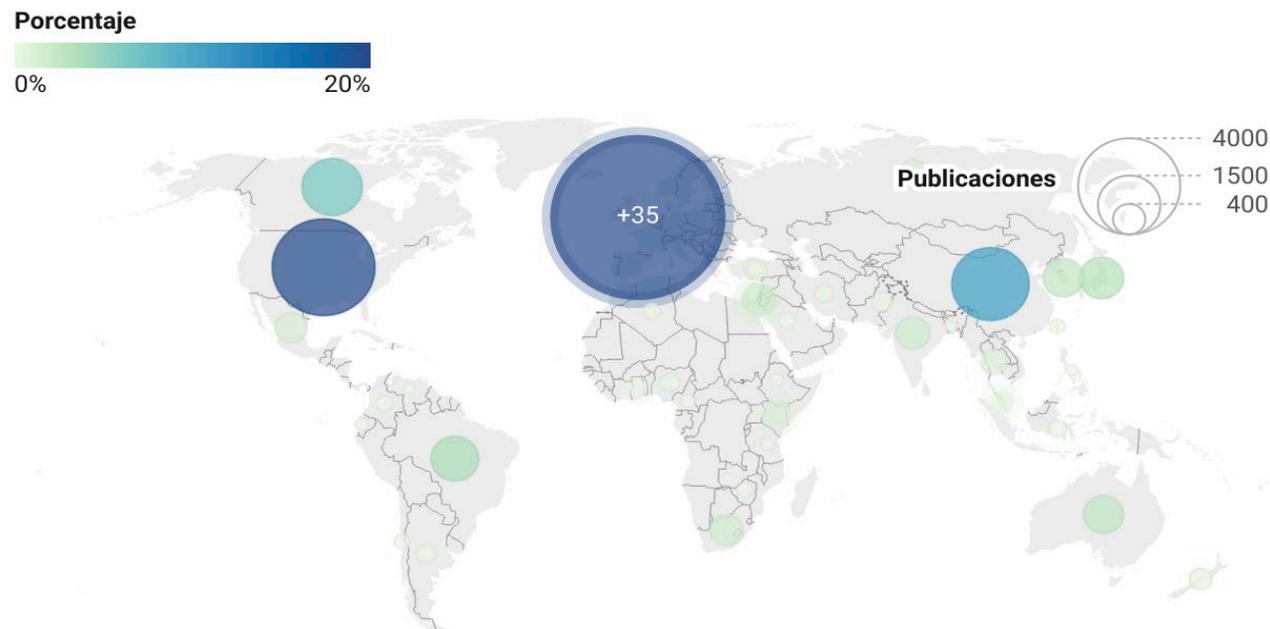
## ÁREAS DE INVESTIGACIÓN MÁS ACTIVAS

El gráfico compara las áreas temáticas predominantes de las publicaciones científicas en España y en la CM desde el año 2000 hasta el 2023. En España, las áreas de nutrición y dietética (48,8 %), ciencia y tecnología de los alimentos (46,7 %) y zoología (46,1 %) concentran un alto volumen de actividad científica. Estas áreas son cruciales para el desarrollo y la innovación en nuevos alimentos basados en insectos, tanto desde el punto de vista de la nutrición como del estudio zootécnico de los insectos.

En la CM, las áreas de mayor concentración son la zoología (53,9 %), la bioquímica y biología molecular (50,7 %) y la genómica (39,5 %). Esto sugiere un enfoque significativo en la investigación biológica y genética en la región. El menor protagonismo, en relación con el peso nacional, que presentan en este caso los campos de la nutrición y dietética y tecnologías de los alimentos puede indicar un estado de la investigación más próximo a la evaluación y caracterización de los insectos previas a su uso en la alimentación.

En comparación, España muestra una mayor diversidad en las áreas de investigación, posible-

### Distribución geográfica de la actividad científica

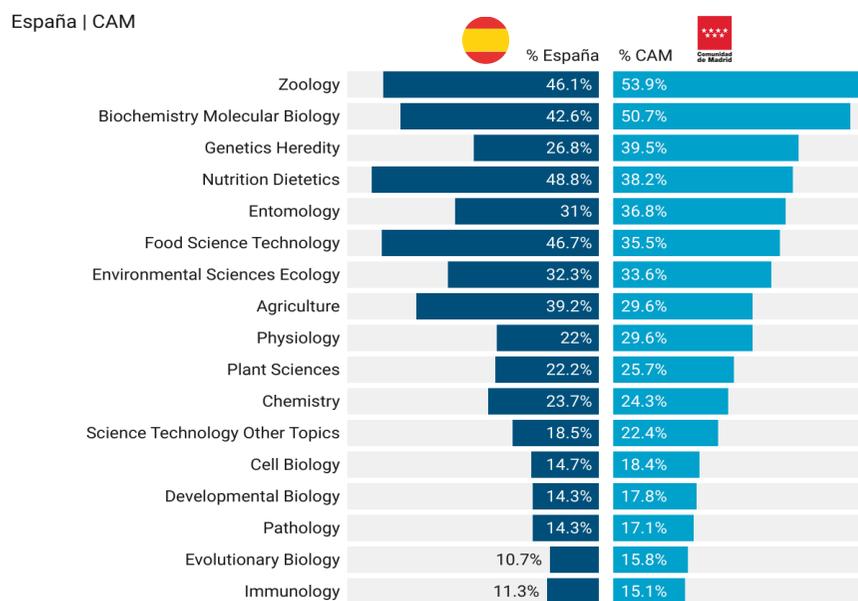


Fuente: Elaboración propia a partir del análisis de los datos de la Web of Science. Creado con Datawrapper.

mente debido a la variedad de instituciones y la investigación transdisciplinaria a nivel nacional. La agricultura y las ciencias ambientales también tienen un peso considerable, con un 39,2 y un 32,3 % respectivamente, lo que resalta su importancia en la sostenibilidad y el impacto ambiental.

En resumen, mientras que la región de Madrid se enfoca más en áreas biológicas y moleculares, España en su conjunto tiene una distribución más equilibrada que incluye aspectos cruciales de la agricultura y el medio ambiente, lo cual refleja la importancia de estos campos en la producción, calidad y sostenibilidad de los alimentos basados en insectos.

### Distribución de las publicaciones por áreas temáticas



Fuente: Elaboración propia a partir del análisis de los datos de la Web of Science. Se muestran solo las áreas que concentran el mayor número de publicaciones. Creado con Datawrapper.

### ÁREAS DE INVESTIGACIÓN EMERGENTES

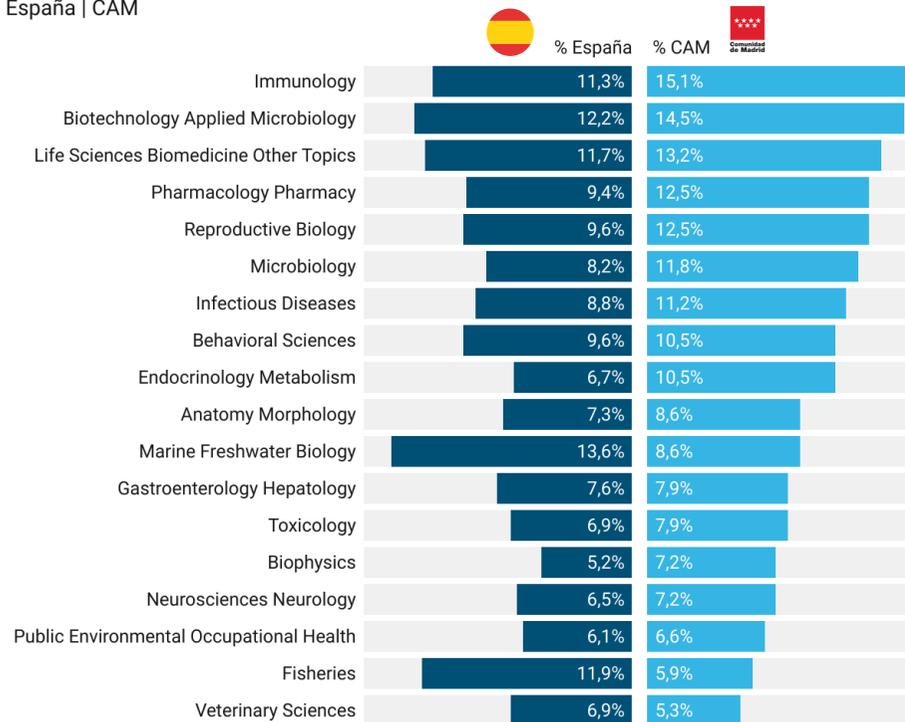
En el siguiente gráfico se muestra la distribución de publicaciones científicas en España y la CM intentando extraer las áreas clave emergentes. Se aprecia una alta representación en áreas relacionadas con la biología y la biotecnología, así como la inmunología y microbiología, con más protagonismo en la CM en relación al resto del territorio nacional, lo que proporciona una idea de la importancia en este ámbito de los estudios previos sobre seguridad microbiológica que representa el consumo de este tipo de alimentos basados en insectos.

Además, se aprecia un interés significativo en biología reproductiva y endocrinología y metabolismo que puede formar parte crucial en la producción eficiente y sostenible de insectos. La biología reproductiva (12,5 %) optimiza la reproducción en masa de los insectos, permitiendo conocer mejor sus ciclos de vida para asegurar un suministro continuo y compatible con los parámetros de la industria agroalimentaria. La endocrinología y el metabolismo (10,53 %) ayudan a entender y mejorar cómo los insectos procesan nutrientes y crecen. Estas áreas son fundamentales para garantizar la viabilidad y calidad de los insectos como nueva fuente de alimentos.



### Distribución de las publicaciones por áreas temáticas emergentes

España | CAM



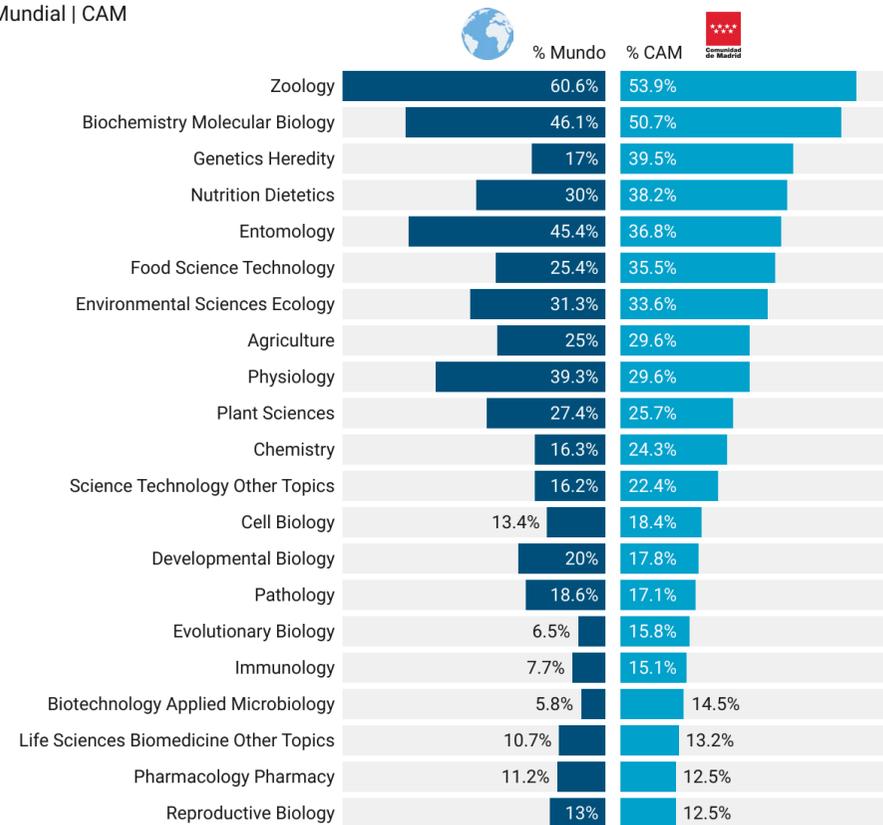
Fuente: Elaboración propia a partir del análisis de los datos de la Web of Science. Se muestran solo las áreas que concentran el mayor número de publicaciones. Creado con Datawrapper.

Cuando se hace una comparativa entre las áreas científicas más predominantes a nivel mundial con respecto a las que se desarrollan en la región de Madrid, destacan principalmente los ámbitos de la genómica como área participante protagonista en la ciencia que se desarrolla en Madrid con respecto al global, y por otro lado, el protagonismo de las áreas de nutrición y dietética y tecnologías de los alimentos, presentes en mayor proporción que las investigaciones

realizadas en este campo a nivel mundial. Por otra parte, las áreas más relacionadas con aspectos biológicos de los insectos, como la zoología, entomología, fisiología, etc., se encuentran más presentes a nivel mundial que en las investigaciones que se desarrollan en la CM.

### Distribución de las publicaciones por áreas temáticas

Mundial | CAM



Fuente: Elaboración propia a partir del análisis de los datos de la Web of Science. Se muestran solo las áreas que concentran el mayor número de publicaciones. Creado con Datawrapper.



## ORGANIZACIONES CON MAYOR ACTIVIDAD INVESTIGADORA

El gráfico muestra las instituciones de investigación situadas en la CM que tienen mayor o menor participación en publicaciones científicas sobre nuevos alimentos basados en insectos en una ventana temporal de 23 años.

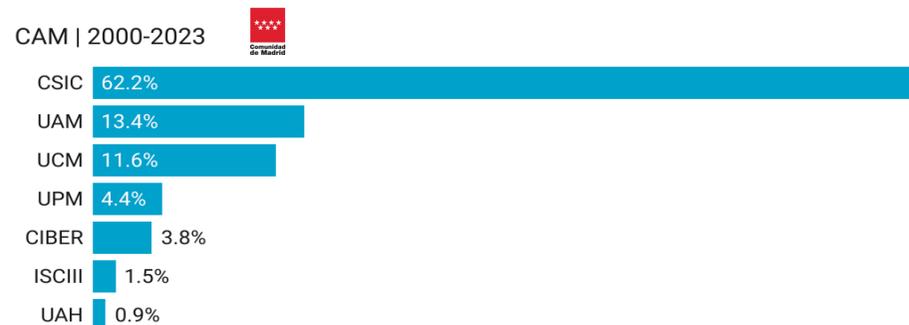
El CSIC destaca claramente como la institución líder, con el 62,2 % de la producción científica en este campo. Esta predominancia sugiere un fuerte enfoque y capacidad en la investigación transdisciplinar sobre agroalimentación, biotecnología, genómica, microbiología y zoología, etc.

En segundo lugar, la UAM representa el 13,4 % de las publicaciones, seguida de cerca por la UCM con el 11,6 %. Ambas universidades muestran un compromiso significativo con la investigación en este campo, probablemente impulsada mediante programas avanzados en biociencias y tecnología alimentaria.

La UPM y el Centro de Investigación Biomédica en Red (CIBER) también contribuyen significativamente, con porcentajes cercanos al 4 %, lo que constituye una muestra de sus capacidades y recursos dedicados a avanzar en el desarrollo de este tipo de alimentos.

Este análisis pone de relieve que, en la región de Madrid, las instituciones más grandes y mejor equipadas como el CSIC, UAM y UCM están liderando la investigación en nuevos alimentos basados en insectos, reflejando sus capacidades para abordar los desafíos científicos y tecnológicos en este campo emergente.

## Organizaciones de I+D con mayor actividad científica



Fuente: Elaboración propia a partir del análisis de los datos de la Web of Science. Creado con Datawrapper.

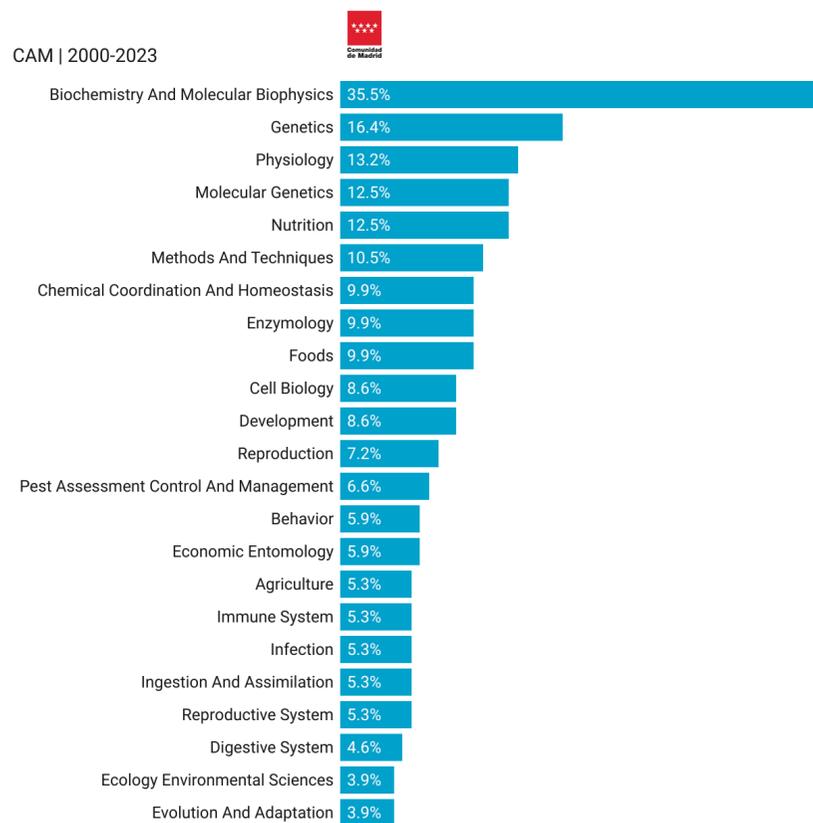
## ÁMBITOS MÁS FRECUENTES DE INVESTIGACIÓN

Partiendo del análisis de los documentos científicos detectados y basándonos en las palabras clave etiquetadas y sus frecuencias de aparición, podemos extraer algunas tendencias en las temáticas de investigación prioritarias que se desarrollan en los organismos científicos en la CM.

La bioquímica y la biofísica molecular lideran de forma destacada, con un 35,5 %, los ámbitos que tratan los diferentes documentos científicos analizados, limitándolos geográficamente a la CM; en ellos destaca la importancia de entender los componentes bioquímicos de los insectos para optimizar su procesamiento y valor nutricional. La genética y genética molecular (16,4 y 12,5 %, respectivamente) aparecen como protagonistas de las diferentes investigaciones de una manera notable, lo que puede justificar el análisis crucial de las variables genéticas en las diferentes especies para mejorar las características de los insectos como fuente de alimento. La fisiología (13,2 %), también protagonista en los documentos científicos, puede responder a la necesidad de

optimizar las condiciones de cría y producción en las granjas de insectos. Más obvia parece la presencia de los temas relacionados con la nutrición (12,5 %) para evaluar el contenido nutricional de este tipo de alimentos, asegurando su viabilidad como fuente de nutrientes.

### Ámbitos de investigación tratados en los documentos científicos



Fuente: Elaboración propia a partir del análisis de los datos de la Web of Science. Se muestran solo las áreas que concentran el mayor número de publicaciones. Creado con Datawrapper.

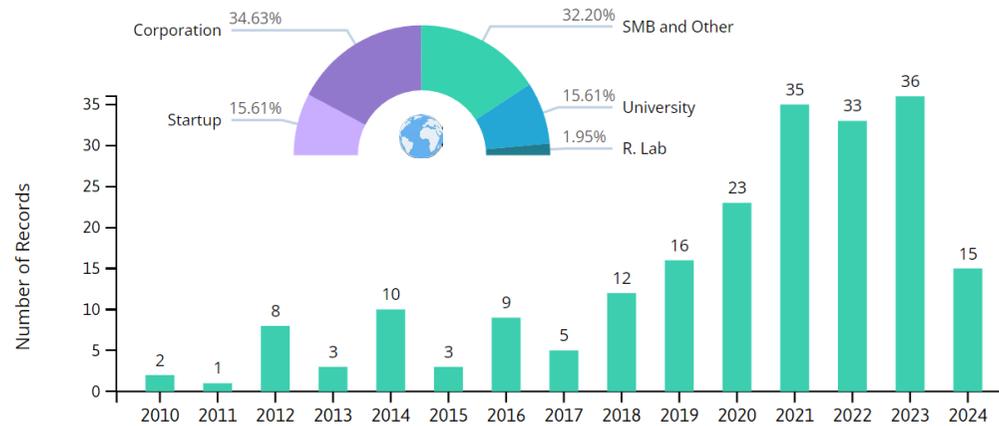
### PATENTES

La evolución de las patentes a nivel mundial sobre nuevos alimentos basados en insectos muestra un crecimiento significativo en la última década, tal como se observa en la gráfica. Entre 2010 y 2013, el número de patentes anuales se mantuvo muy bajo y estable, con un aumento inicial en 2014 con 10 registros. Sin embargo, a partir de 2016, se observa un incremento más notable, alcanzando 9 patentes. El crecimiento se acelera a partir de 2018, con un aumento constante hasta 23 patentes en 2020. En 2021, se registra un salto significativo con 35 patentes, manteniendo el interés innovador en el 2023 con 36 patentes.

La distribución de estas patentes por tipo de organización también es destacable. Las corporaciones constituyen el principal motor de innovación en este sector con un 34 % de las patentes, seguidas por las pymes con un 32 %. Las *startups* contribuyen con un 15 %, mientras que las universidades y organismos de investigación tienen una participación conjunta de cerca del 18 %.

La gráfica evidencia un claro aumento en la actividad de patentes en el ámbito de los nuevos alimentos basados en insectos, reflejando un creciente interés y desarrollo en este sector.

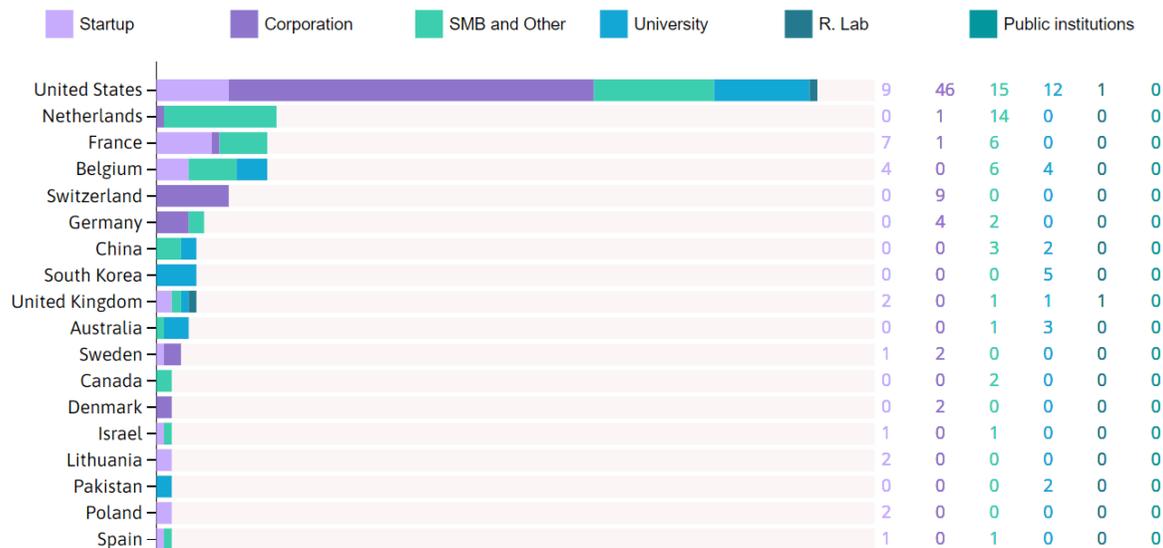




Fuente: Elaboración propia a partir de base de datos de patentes e innovación.

Analizando las corporaciones que más actividad innovadora muestran a tenor del número de registros de patentes, destaca la empresa suiza Bühler, especialista global y socio tecnológico en el suministro de plantas y servicios para el procesamiento de cereales y alimentos, así como para la fabricación de materiales avanzados. En el 2022 inauguró un Centro de Tecnología de Insectos (ITC). Como en otros apartados de este informe, también es reseñable la actividad de grandes corporaciones como DSM y Cargill.

En cuanto a empresas emergentes, destacan Ynsect, una *startup* francesa que ha recaudado más de 500 millones de euros para la producción de proteínas de insectos. InnovaFeed, Matatec, Nutriearth y Jimini's, también francesas, se centran en la alimentación acuícola y de animales, las dos primeras, y en la salud humana las dos últimas. Cabe señalar que InnovaFeed ha cosechado un reseñable éxito en el mercado del capital riesgo al haber levantado 445 millones de euros. Protix, de los Países Bajos, destaca en el mercado de alimentos para mascotas y humanos. La empresa belga Koppert transforma residuos en proteínas usando larvas de mosca con un nivel inferior en el registro de patentes.



Fuente: Elaboración propia a partir de base de datos de patentes e innovación.



Observando la distribución geográfica de las patentes, sobresalen varias regiones clave. En primer lugar, Estados Unidos despunta significativamente como el principal registrador de patentes en este ámbito con 83 registros, destacándose la actividad de corporaciones y pymes. Siguiendo con la lista, encontramos a los Países Bajos con 15 patentes y Francia y Bélgica con 14 patentes cada uno, lo que viene a revelar una fuerte actividad innovadora en Europa. En Francia, destaca especialmente la actividad de las *startups*. Suiza, Alemania y China también contribuyen notablemente en este sector. España aparece con una presencia más discreta en comparación con otros países.

## ENTORNO EMPRESARIAL

Los desarrollos en el sector de los insectos comestibles durante los últimos diez años han sido notables. Los entornos científicos han proporcionado información sobre la producción de insectos, el procesamiento, la seguridad alimentaria y el *marketing*, información que se ha utilizado tanto por parte de la industria como por las organizaciones gubernamentales encargadas de la legislación. En muchos proyectos de innovación, la cooperación público-privada desde la industria y el mundo académico ha resultado exitosa, como en el proyecto de la UE SUSTainable INsect CHAIN (SUSINCHAIN) (Veldkamp *et al.*, 2020) o como el Centro para la Sostenibilidad Ambiental a través de la Cría de Insectos (CEIF) (Tomberlin *et al.*, 2022), creado en los Estados Unidos. Varios países han producido hojas de ruta para la implantación de la industria de los insectos comestibles: Australia (Ponce-Reyes y Lessard, 2021), Países Bajos (Venik, 2020) y Reino Unido (WWF, 2021).

Muchas empresas privadas han recibido grandes inversiones para desarrollar sus productos. Solo en Europa, esta cifra supera los mil millones de euros<sup>19</sup>. Es-

tas inversiones son necesarias, ya que las tecnologías usadas en esta industria son muy diferentes de las utilizadas en la industria ganadera tradicional. Al principio, estas empresas participaban en todos los pasos de la cadena de valor (adquisición de insumos, cría, procesamiento, distribución, venta al por menor y *marketing* al consumidor). Se espera que con el tiempo evolucionen para concentrarse en la cría, mientras que otros pasos de la cadena de valor sean asumidos por otras empresas. Estas grandes compañías protegen sus innovaciones mediante patentes o colaboran con otras agencias especializadas en genética y tecnología de cría de insectos.

Ante semejante situación, se plantea la pregunta de si los pequeños productores de insectos comestibles podrán coexistir con las grandes empresas. Aunque algunas pequeñas granjas han sido subcontratadas, lo han hecho bajo estrictos acuerdos, con poco control sobre el proceso, ya que las grandes empresas determinan aspectos clave como la cepa de insectos, el sustrato y las condiciones de cría. Además, la demanda del mercado suele requerir cantidades que los pequeños productores no pueden cubrir. Una posible solución es que se organicen en cooperativas o se especialicen en nichos de mercado.

En este sentido, se han establecido diversas iniciativas para apoyar a las pequeñas granjas de insectos. En Bélgica, la Planta Piloto de Insectos ayuda a estas granjas a optimizar sus procesos. De manera similar, en los Países Bajos, el Centro de Experiencia de Insectos se enfoca en la cría de larvas de mosca doméstica para la alimentación de pollos. El desarrollo del uso de insectos como alimento para alimentación animal dependerá en gran medida de la capacidad para reducir el precio final del producto, lo cual está influenciado por la disponibilidad y conversión de flujos orgánicos baratos.

<sup>19</sup> <https://ipiff.org/>



## Casos de éxito empresarial

En Japón, el consumo de insectos es una práctica habitual especialmente en determinadas regiones con tradición, así como en áreas montañosas, donde se incluyen langostas y pupas del gusano de seda en la dieta<sup>20</sup>. Sin embargo, persiste la repulsión hacia estos alimentos en muchas otras zonas. Para abordar el problema, BugMo, una empresa con sede en Kioto, transforma los insectos en polvo para evitar la aversión de los consumidores hacia partes visibles como antenas y patas. La mencionada empresa produce barras energéticas hechas de harina de grillo, que son ricas en proteínas, ácidos grasos omega-3 y aminoácidos esenciales, sin gluten ni aditivos artificiales.

En Europa, Bélgica fue pionera en la autorización para la venta y consumo de diez especies de insectos a finales de 2013, a pesar de la falta de regulación oficial de la UE en aquel momento<sup>21</sup>. En 2019, se inauguró Little Food, la primera granja urbana de cría de grillos en Bruselas, dedicada también a la producción de aperitivos, galletas saladas y salsas a base de insectos. Esta empresa adopta un modelo de economía circular, utilizando subproductos agrícolas para alimentar a los grillos y los excrementos como fertilizante<sup>22</sup>. También destaca la empresa Koppert, que transforma residuos en proteínas usando larvas de mosca.

Francia destaca como un *hub* de empresas emergentes en el ámbito de las proteínas de insectos. Ynsect se dedica a la producción de estas proteínas. InnovaFeed se centra en la alimentación acuícola. Mutatec y Nutriearth están

enfocadas en la alimentación animal, mientras que Jimini's se dedica a la salud humana. Las mencionadas muestran el fuerte crecimiento e innovación en el sector de proteínas derivadas de insectos en Francia.

En Alemania, la cadena de supermercados Rewe empezó a comercializar en 2018 hamburguesas hechas con gusanos búfalo (*Alphitobius diaperinus*). Son hamburguesas desarrolladas por Bug Foundation, que se caracterizan por su sabor, textura crujiente y alto contenido nutritivo, incluyendo proteínas, hierro, zinc y vitamina B<sup>23</sup>.

En los Países Bajos también existe un creciente interés por las propiedades nutritivas de los insectos. Protifarm, empresa fundada en 2015, creó la primera y mayor granja vertical del mundo para criar escarabajos búfalo (*Alphitobius diaperinus*). Esta empresa produce diversos alimentos, desde batidos proteicos y pastas hasta carne picada y salchichas<sup>24</sup>.

En Australia, científicos de la Universidad de Queensland están desarrollando platos *gourmet*, como salchichas, utilizando insectos como gusanos y langostas, argumentando que ocultar la proteína de insectos en alimentos ya preparados puede fomentar su consumo ante la escasez de proteínas en el futuro<sup>25</sup>.

Este interés global refleja un esfuerzo por aprovechar las propiedades nutritivas de los insectos, promoviendo su inclusión en la dieta diaria y ayudando a enfrentar desafíos nutricionales y de sostenibilidad.

<sup>20</sup> Álvarez, J. (2019).

<sup>21</sup> Acosta (2014).

<sup>22</sup> Little Food (2020).

<sup>23</sup> Pérez de la Cruz (2017).

<sup>24</sup> Protifarm (2020).

<sup>25</sup> Gentside Espagne (2020).



## Productos comerciales diversificados

Los productos de insectos comestibles disponibles en el mercado global se han diversificado significativamente en los últimos años, abarcando una amplia gama de alimentos, bebidas, confitería y otros productos. Esta variedad refleja la creciente aceptación y la fuerte demanda de fuentes alternativas de proteínas sostenibles.

En la categoría de alimentos, se pueden encontrar barras de proteínas elaboradas con insectos, que proporcionan una opción nutritiva para los consumidores. Los panes y las hamburguesas también están innovando con la inclusión de harina de insectos, aportando un mayor contenido proteico y una textura similar a los productos tradicionales. Asimismo, productos como las galletas saladas, las patatas fritas y el falafel están siendo reformulados para incluir proteínas de insectos, ofreciendo así una alternativa más sostenible sin comprometer el sabor o la calidad.

Las harinas derivadas de insectos son otro producto que se está extendiendo significativamente en el mercado, utilizado tanto en la repostería como en la cocina diaria para incrementar el valor nutricional de diversas recetas. La granola y las carnes alternativas también están siendo enriquecidas con este tipo de productos, proporcionando una opción más rica en proteínas para aquellos que buscan reducir el consumo de carne tradicional. Además, las pastas y los fideos hechos a partir de insectos están ganando popularidad, ofreciendo una textura y un sabor reconocible, pero con beneficios nutricionales adicionales. Las salchichas de insectos representan otra innovación, combinando tradición y nutrición en un solo producto.

En el ámbito de las bebidas, la inclusión de insectos ha dado lugar a productos como cervezas y leches enriquecidas. Los batidos y los refrescos también se

están formulando con proteínas de insectos, ofreciendo bebidas nutritivas. Los licores y otras bebidas alcohólicas, junto con bebidas proteicas enriquecidas o fortificadas, están incorporando aditivos basados en insectos para satisfacer la demanda de opciones más nutritivas y sostenibles.

La categoría de confitería incluye caramelos, golosinas, chocolates, helados y galletas que contienen insectos. Estos productos buscan facilitar la adopción de insectos comestibles por parte de los consumidores, aunque es crucial que los fabricantes equilibren el contenido proteico con otros beneficios nutricionales para garantizar que estos productos sean saludables y atractivos.



Alimentos

- Barras de proteínas
- Patatas fritas
- Carnes alternativas
- Panes
- Falafel
- Fideos y *noodles*
- Hamburguesas
- Harinas
- Salchichas
- Galletas saladas
- Granola
- Pastas



Bebidas

- Cervezas
- Leches
- Batidos
- Refrescos
- Licores y bebidas alcohólicas
- Bebidas enriquecidas/fortificadas con proteínas



Dulces

- Caramelos
- Golosinas
- Chocolates
- Helados
- Galletas



Otros

- *Bitters*
- Mantequillas
- Aceites
- Salsas de pesto
- Especias y condimentos

Figura: Resumen de los productos comerciales que ya se están comercializando a partir de insectos.



Otros productos derivados de insectos incluyen mantequillas, aceites, pesto, *bitter*, especias y condimentos. Estos productos diversifican aún más el mercado, ofreciendo opciones innovadoras para el consumidor objetivo que buscan incorporar insectos en su dieta de manera creativa.

Existen en el mercado otros muchos ejemplos de productos basados en ingredientes provenientes de insectos. A modo de resumen se indican algunos de ellos como ejemplos del amplio desarrollo que están experimentando este tipo de alimentos:

- **Aperitivos y snacks:** Incluyen chips de grillo y gusano de la harina, disponibles en diversas marcas como Chirps y Crické. Son productos populares por su sabor y contenido proteico.
- **Panes y galletas:** Algunas empresas han innovado con pan crujiente y galletas que sustituyen una parte de la harina tradicional por harina de insecto, como las producidas por Eat e Imago Insect Products.
- **Barras de energía y granola:** Las barras energéticas y la granola que contienen polvo de grillo son bastante populares. Marcas como Seek y Entis ofrecen estas opciones, las cuales combinan tradicionalmente avena y almendras con insectos para aumentar el contenido proteico.
- **Sustitutos de carne:** Varias empresas están trabajando en alternativas a la carne picada utilizando insectos. Estos productos suelen mezclarse con soja para reducir costos y ofrecer un producto sostenible. Un ejemplo notable es Sirkkis de Entis.
- **Leche procedente de insectos y helados:** Gourmet Grubb ha desarrollado una «leche» realizada a base de larvas de mosca soldado negra, que también se utiliza para hacer helados. Se trata de un producto que busca ofrecer una alternativa láctea con menor impacto ambiental.
- **Croquetas y bolas de insectos:** En países como Suiza y Bélgica, empresas como Essento y Nimavert han lanzado croquetas y bolas de insectos que se venden en supermercados.
- **Cajas de suscripción de comida:** Better Universal Grub (Bug) ofrece kits de comidas que incluyen ingredientes de insectos secos, que se pueden enviar a cualquier lugar de Europa, permitiendo a los consumidores explorar nuevas recetas con insectos.
- **Productos gourmet:** En Japón, Takeo ofrece grillos *gourmet* alimentados con una dieta de almendras para conferirles un sabor especial, demostrando cómo el sector de insectos comestibles también puede abarcar productos de alta calidad.
- **Café:** Hay innovaciones en productos cotidianos como el café enriquecido con insectos, que proporciona alternativas nutricionalmente ricas y sostenibles bajas en cafeína.
- **Cerveza:** También se han desarrollado cervezas artesanales que incorporan insectos, proporcionando un giro novedoso y sostenible a esta bebida tradicional.





Figura: Conjunto de productos alimenticios basados en insectos que son comercializados actualmente. Fuente: Engström (2020).

En definitiva, la industria de los insectos comestibles ha evolucionado rápidamente, ofreciendo una amplia variedad de productos que van desde alimentos básicos hasta bebidas y confitería. Esta diversificación no solo atiende a la demanda de productos sostenibles y nutritivos, sino que también abre nuevas oportunidades para la innovación culinaria.

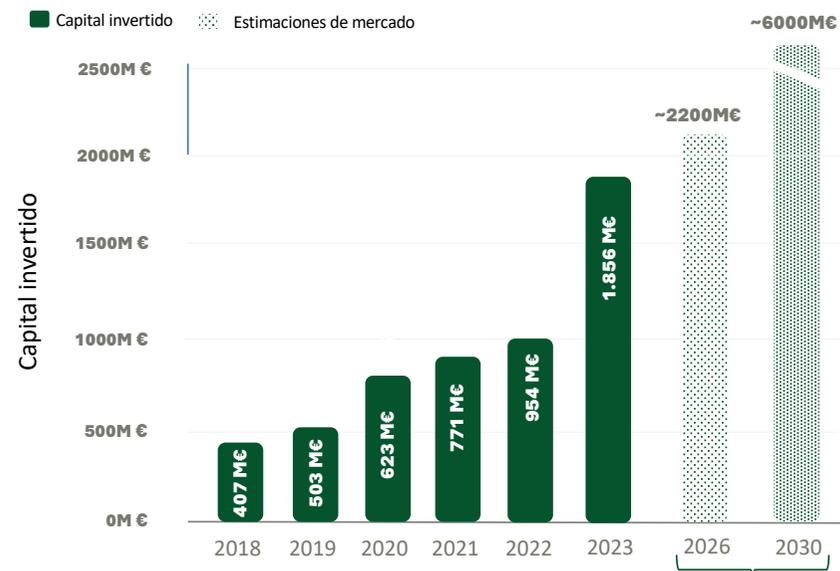
## SECTOR PRODUCTIVO | INVERSIONES

El mercado global de insectos comestibles ha experimentado un aumento significativo en la aceptación y demanda como una fuente sostenible de proteínas. Según los datos recopilados, el mercado de insectos comestibles estaba valorado en aproximadamente 400 millones de euros en 2018. Para 2023, se

ha producido un valor global de inversión en empresas de este sector por parte del capital privado y de inversión cercano a los 1,3 mil millones de euros, lo que representa un crecimiento anual del 25 %.

En 2023, a nivel mundial y según diversas agencias de análisis de mercado este sector ha tenido unos ingresos de aproximadamente 5 millones de euros. Bloomberg proyecta que este mercado crecerá hasta alcanzar un valor de mil millones de euros de ingresos para 2028, con un crecimiento anual significativo.

Inversión anual en compañías de alimentos basados en insectos  
Años 2019-2023 | Millones de € | 2023-2030 Estimaciones de mercado



Fuente: Cruchbase

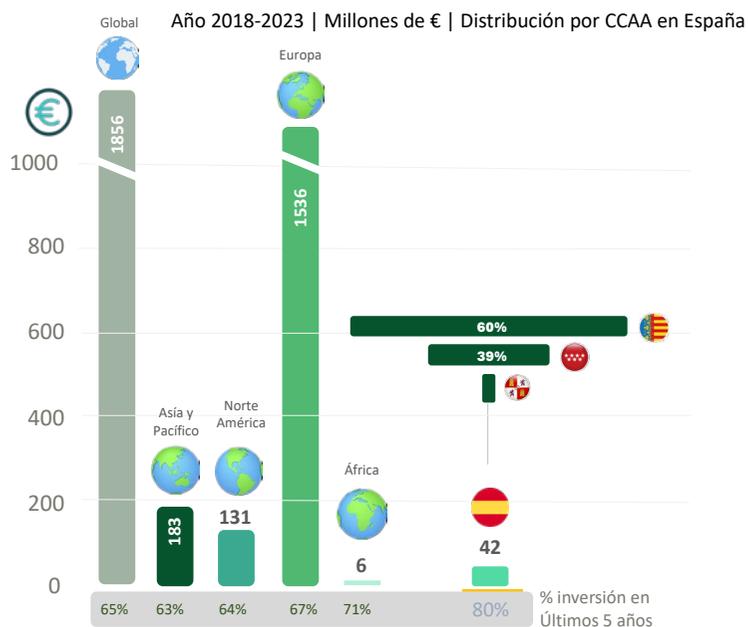
Estimaciones de mercado de inversión

Fuente: Datos obtenidos de Cruchbase.



El crecimiento del mercado de insectos comestibles se ha observado en diversas regiones del mundo, con incrementos notables en Asia-Pacífico, América del Norte y Europa. Aunque Asia-Pacífico y América Latina representan más del 50 % del mercado actual, se anticipa que los aumentos más significativos ocurran en América del Norte y Europa. En la región de Asia-Pacífico, se espera que el mercado de insectos comestibles supere los 250 millones de euros para 2024.

Inversiones en startups. Países con mayores inversiones acumuladas para alimentos basados en insectos



Fuente: Datos obtenidos de Cruchbase.

A nivel internacional, el sector de los insectos comestibles ha atraído importantes inversiones de capital riesgo, acelerando su desarrollo y expansión. Algunas de las inversiones recientes más destacadas incluyen a empresas como:

- **InnovaFeed:** Empresa francesa que ha levantado una inversión de capital privado de 445 millones de euros para desarrollar proteínas basadas en insectos para las industrias de la agricultura y la acuicultura. Entre sus inversores se encuentra la multinacional Cargill o un fondo de inversión de Qatar.
- **Ynsect:** También empresa francesa que ha captado una inversión en torno a los 530 millones de euros para la cría de gusanos de la harina en granjas verticales de última generación impulsadas por robótica avanzada, visión por computadora e inteligencia artificial. Adquirió a la empresa Protifarm, que era el mayor productor mundial de ingredientes a partir del gusano de la harina, para crear la marca **AdalbaPro®**, una gama de ingredientes alimentarios derivada de insectos que ya se encuentra en varios productos comerciales de panadería, nutrición deportiva, pastas, carnes y alternativas a la carne.
- **Protix:** Empresa holandesa que ha recaudado cerca de 211 millones de euros suministrando ingredientes de insectos para consumo humano, piensos y fertilizantes. Entre sus inversores se encuentra Tyson Foods, que es una multinacional focalizada en proteínas alternativas.

Si observamos la gráfica focalizando a nivel nacional, también se aprecia un emergente interés en los últimos años a tenor de las inversiones realizadas cercanas a los 42 millones de euros; la Comunidad Valencia y la CM son los dos principales focos de atracción de empresas que se han detectado en este sector.

Todos los análisis apuntan a que esta industria de insectos comestibles está en una trayectoria ascendente, con un fuerte respaldo financiero y un potencial significativo para abordar los desafíos globales de seguridad alimentaria y sostenibilidad ambiental. Se anticipa que este mercado continuará expandiéndose en los próximos años, consolidándose como una solución viable y ecológica para la demanda creciente de proteínas.





Fuente: Elaboración propia con datos de Crunchbase.

## ECOSISTEMA INNOVADOR NACIONAL

El sector de nuevos alimentos basados en insectos en España se encuentra en una fase emergente y de rápido desarrollo. En los últimos años, ha habido un creciente interés por parte de consumidores y empresas hacia las fuentes de proteínas alternativas, sostenibles y de bajo impacto ambiental que los insectos comestibles pueden ofrecer. Este mercado en España se encuentra en expansión, siguiendo la tendencia global hacia la búsqueda de fuentes de proteínas sostenibles y ecológicas.

El mercado español está influenciado por las regulaciones de la Unión Europea, que, desde enero de 2018, permite la comercialización de insectos como alimentos novedosos. Esta regulación ha sido un catalizador para el desarrollo del sector en España, impulsando tanto la investigación como la comercialización de productos basados en insectos.

El mercado de insectos comestibles en España aún es pequeño en comparación con otros países europeos y solo supone por ahora el 3 % de todas las inversiones en este sector a nivel europeo, pero muestra un crecimiento constante, con un entorno al 80 % de todas las inversiones en los últimos años. Según estimaciones re-



cientes, el valor del mercado de insectos comestibles en Europa alcanzará cifras significativas en los próximos años, y España contribuirá a este crecimiento debido a su potencial agrícola y su interés creciente en la sostenibilidad alimentaria.

Por los datos de inversiones y mercado obtenidos en el análisis, se puede inferir que el sector está en expansión, considerando las inversiones y el interés mostrado por *startups* y empresas ya establecidas en el ámbito de los complementos alimenticios y la nutrición animal.

A medida que la demanda de productos alimenticios sostenibles aumenta, varias empresas españolas están emergiendo y consolidándose en este sector, desarrollando tecnologías innovadoras y productos basados en insectos tanto para el consumo humano como para la alimentación animal y fertilizantes:

- Cocoon Bioscience: Produce proteínas y enzimas recombinantes para aplicaciones en nutrición, salud y otros usos industriales a partir de insectos. Además, son pioneros en el desarrollo de factores de crecimiento recombinantes destinados a otro de los sectores tratados en este informe, el de las carnes cultivadas, disminuyendo en gran medida uno de los principales costes de estos procesos (como ya se analizó en el tercer apartado de este documento).
- BioFlyTech: Se especializa en la cría artificial y producción intensiva de biomasa de insectos, utilizando tecnologías innovadoras para generar productos sostenibles y de alta calidad para diversos sectores.
- Feedect: Se dedica a la cría de insectos y el procesamiento de ingredientes sostenibles de alta calidad para los mercados de alimentos y alimentación animal.
- Ginco: Es una empresa que se enfoca en la fabricación de alimentos para mascotas, proporcionando una dieta sin cereales y rica en nutrientes a base de insectos.

- InsectFit: Desarrolla y comercializa barras proteicas elaboradas con harina de grillos, ofreciendo una opción saludable y sostenible para la nutrición deportiva.
- Tebrio: Transforma industrialmente gusanos de la harina en proteínas ricas en aminoácidos, biofertilizantes y otros productos sostenibles para la alimentación animal y la agricultura.
- Entoma Foods: Se centra en la producción de proteínas sostenibles a base de insectos para el consumo humano, promoviendo una alimentación saludable y ecológica.
- Proteinsecta: Con sede en Albacete, se dedica al asesoramiento y creación de granjas de insectos, apoyando a emprendedores desde la evaluación económica hasta la comercialización. Además, desarrollan piensos a base de insectos para consumo animal y humano, promoviendo alternativas sostenibles y ecológicas.
- Insekt Label Biotech: Con sede en Bizkaia, se dedica a la producción de proteínas alternativas a partir de insectos, específicamente el *Tenebrio molitor*. La empresa desarrolla ingredientes sostenibles y de alto valor para productos alimenticios y de nutrición premium, incluyendo la alimentación funcional y la nutrición clínica. Además, ofrece consultoría tecnológica en procesos bioquímicos y de transformación.
- Entomo agroindustrial: Desarrolla proyectos industriales para producir insectos que transforman residuos agroalimentarios en proteínas, grasas, quitosano y fertilizantes. Utilizando la mosca soldado negra, promueven la economía circular y la sostenibilidad a través de procesos productivos modulares y escalables.



En cuanto a la comercialización de este tipo de alimentos, todavía es escasa en España, pero es preciso destacar que Carrefour ya inició la venta de este tipo de productos a base de insectos en abril de 2018, incluyendo barras energéticas, *snacks*, aperitivos, pasta y granola. En julio del mismo año, Insectfit lanzó sus primeras barras energéticas con harina de grillo, como yogur con diferentes sabores.

## RETOS DE INNOVACIÓN

En la última década, la industria de la crianza e ingredientes basados en insectos ha emergido como solución innovadora. Sin embargo, el desarrollo de esta industria presenta una serie de retos tecnológicos significativos que deben ser abordados para asegurar su viabilidad y escalabilidad a largo plazo. Las distintas fases del proceso, donde se concentran los potenciales retos tecnológicos y desafíos comerciales, se resumen a continuación:



## Alimentación y nutrición

- Desarrollo de dietas optimizadas: Es necesario desarrollar dietas específicas para diferentes especies de insectos y en diferentes etapas de maduración que maximicen su crecimiento y productividad. Esto implica investigar los requerimientos nutricionales específicos y la utilización de subproductos agrícolas como alimento. Una dieta adecuada no solo mejora la salud y el rendimiento de los insectos, sino que también puede reducir los costes de alimentación.

## Control de condiciones ambientales

- Optimización de las condiciones de cría: Mantener condiciones ambientales óptimas (temperatura, humedad, luz) es crucial para maximizar la productividad y salud de los insectos. La implementación de tecnologías avanzadas de monitorización y control puede asegurar que estas condiciones se mantengan de manera constante y eficiente. Estos sistemas pueden detectar y corregir desviaciones de los parámetros óptimos de manera inmediata, mejorando la eficiencia y reduciendo el riesgo de fallos.

## Sanidad y manejo de enfermedades

- Prevención de enfermedades: El manejo de la salud de los insectos es un reto importante, ya que las enfermedades pueden propagarse rápidamente en sistemas de cría intensiva. La prevención de enfermedades a través de prácticas de manejo adecuadas y la implementación de protocolos de bioseguridad es fundamental para mantener la viabilidad de la producción.



- Desarrollo de tratamientos y protocolos de bioseguridad: Es esencial desarrollar tratamientos efectivos y establecer protocolos de bioseguridad para prevenir y controlar brotes de enfermedades. Esto incluye la investigación de tratamientos antimicrobianos y el diseño de sistemas de cuarentena y limpieza.

- Desarrollo de productos atractivos: Crear productos alimenticios atractivos y convenientes que incorporen insectos entre sus ingredientes y que sean aceptables para los consumidores en diferentes mercados es esencial para el éxito comercial. La innovación en el desarrollo de productos puede abrir nuevos nichos de mercado y satisfacer las demandas de los consumidores.

## Procesamiento y transformación

- Tecnologías de procesamiento: Desarrollar tecnologías eficientes para la recolección, procesamiento y transformación de insectos en productos alimenticios es crucial para garantizar la calidad y seguridad de los productos finales. La innovación en esta área puede mejorar significativamente la eficiencia y reducir los costes de procesamiento.
- Aseguramiento de la calidad y seguridad alimentaria: Garantizar que los productos derivados de insectos cumplan con los estándares de calidad y seguridad alimentaria, incluyendo la reducción de riesgos microbiológicos y la eliminación de contaminantes, es vital para ganar la confianza de los consumidores y cumplir con las normativas regulatorias.

## Aceptación del consumidor y del mercado

- Educación y sensibilización del consumidor: Superar las barreras culturales y de percepción mediante campañas de educación y sensibilización que informen sobre los beneficios nutricionales y ambientales de consumir insectos es clave para aumentar la aceptación del consumidor. La información precisa y accesible puede transformar la percepción pública y fomentar la adopción de productos basados en insectos.

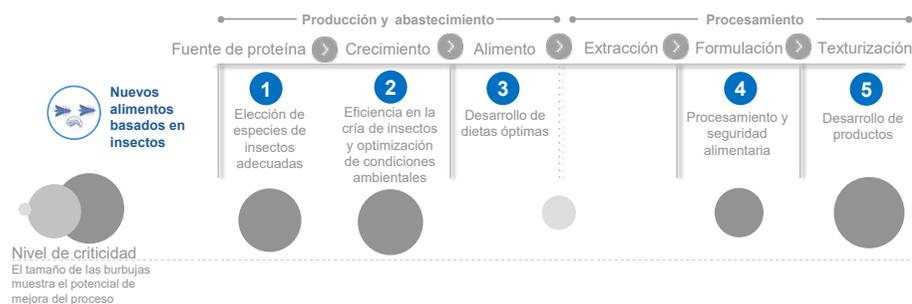


## Regulación y normativa

- **Cumplimiento normativo:** Cumplir con las normativas locales e internacionales que regulan la producción, procesamiento y comercialización de insectos comestibles es un reto significativo. La comprensión y adaptación a estas normativas resulta crucial para operar legalmente y asegurar el acceso a los mercados globales.
- **Establecimiento de estándares:** Trabajar con autoridades regulatorias para establecer estándares claros y coherentes que faciliten el desarrollo de la industria constituye un aspecto esencial. La colaboración entre la industria y los reguladores puede ayudar a crear un marco normativo que promueva la innovación y asegure la seguridad y calidad de los productos.

Estos retos reflejan la complejidad de desarrollar una industria sostenible y viable de alimentos basados en insectos y subrayan la necesidad de innovación y colaboración en múltiples frentes.

### Priorización de los puntos críticos para definir los retos de innovación en el proceso de desarrollo de nuevos alimentos basados en insectos



Fuente: Elaboración propia.

Varios estudios y consultas a expertos han priorizado, sobre toda la cadena de procesado mencionada, algunos de estos retos como los más críticos. En el gráfico anterior se posicionan estos puntos en el proceso de desarrollo de nuevos alimentos, identificando áreas clave donde la investigación e innovación deben enfocarse para maximizar el rendimiento y la eficiencia:

1. **Elección de especies adecuadas:** La selección de las especies de insectos apropiadas es fundamental para asegurar una producción eficiente y rentable. Es crucial elegir especies que tengan una alta tasa de conversión alimenticia, sean resistentes a enfermedades y se adapten bien a diferentes condiciones de cría. La investigación en genética y comportamiento de los insectos según su fase de crecimiento puede ayudar a identificar las especies más prometedoras y optimizar su manejo en ambientes controlados.
2. **Eficiencia en la cría y optimización de las condiciones ambientales:** Maximizar la eficiencia en la cría de insectos implica optimizar el uso del espacio y las condiciones ambientales. Esto incluye el diseño de sistemas de cría verticales y la implementación de tecnologías avanzadas de sensores para monitorear y controlar por inteligencia artificial con el objetivo de automatizar la temperatura, humedad y luz, además de la detección de las fases de crecimiento óptimas. La automatización de estos sistemas puede reducir los costos operativos y mejorar la productividad.
3. **Desarrollo de dietas optimizadas:** El desarrollo de dietas específicas y balanceadas para diferentes especies de insectos es esencial para maximizar su crecimiento y conversión de alimentos en proteína. Es ne-

cesario investigar los requerimientos nutricionales de cada especie y explorar el uso de subproductos agrícolas y residuos orgánicos como fuentes de alimento. Una dieta adecuada y en una fase de crecimiento óptima puede mejorar significativamente la eficiencia de la cría y reducir los costos de alimentación.

**4. Procesamiento y seguridad alimentaria:** La transformación de insectos en productos comestibles seguros y de alta calidad requiere el desarrollo de tecnologías de procesamiento eficientes. Esto incluye métodos avanzados de secado, molienda y extracción de proteínas. Además, es fundamental implementar técnicas de descontaminación, como tratamientos térmicos y pasteurización, para asegurar la seguridad alimentaria y cumplir con las normativas vigentes. La investigación en este campo puede conducir a mejoras significativas en la calidad del producto final.

**5. Desarrollo de productos comerciales:** Crear productos basados en insectos que sean atractivos para los consumidores es uno de los mayores desafíos. Esto implica trabajar en el desarrollo de productos con buen sabor, textura y apariencia, utilizando técnicas de gastronomía molecular y aromas naturales. Además, diversificar la oferta de productos con la inclusión de diferentes formatos y aplicaciones, como *snacks*, barras proteicas e ingredientes para alimentos procesados, puede ayudar a captar diferentes segmentos del mercado y aumentar la aceptación del consumidor.

Los cinco puntos críticos identificados representan áreas clave donde la innovación y la investigación pueden tener un impacto significativo.



RESUMEN EJECUTIVO

INTRODUCCIÓN

PRINCIPALES CONCLUSIONES

TIPOLOGÍA DE NUEVOS ALIMENTOS

ESTADO DE MADURACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS

TAMAÑO DE MERCADO

1. Nuevos alimentos proteicos a partir de plantas
2. Nuevos alimentos proteicos basados en fermentación
3. Nuevos alimentos basados en carne cultivada
4. Nuevos alimentos basados en insectos

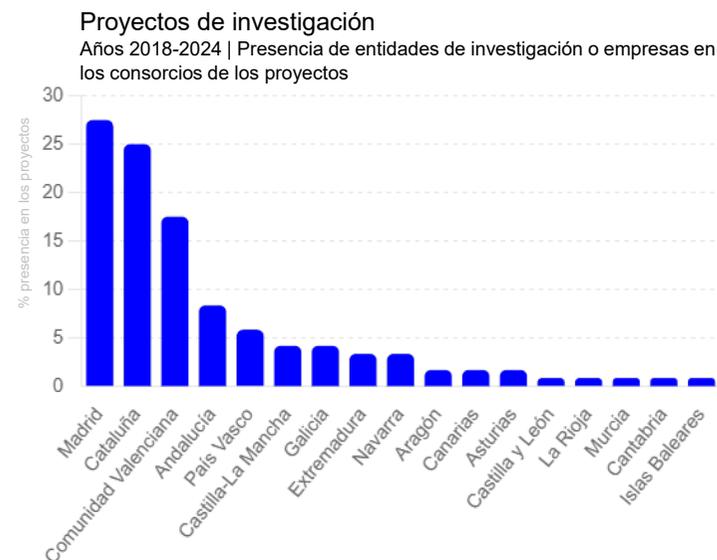
## 5. PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

6. Valoración de los expertos
7. Bibliografía

## 5. Proyectos de investigación

Los datos recopilados se han obtenido a partir de proyectos detectados en los que al menos existe un organismo de I+D o una empresa españoles, y con el foco puesto principalmente en proyectos europeos o en convocatorias españolas competitivas (fundamentalmente de la AEI, MAPA, etc.). El análisis de los datos obtenidos muestra que la media de inicio de estos proyectos se sitúa en el año 2019, mientras que la media de finalización se encuentra en torno al 2023, de lo que resulta una duración media aproximada de cuatro años por proyecto.

La distribución geográfica es diversa, pero la CM emerge como la región con mayor frecuencia de participación, registrando un 27,5 % de presencia en los proyectos de organizaciones situados en la región o con sedes en ella. Cataluña sigue de cerca con un 25 %, y la Comunidad Valenciana ocupa el tercer lugar con un 17,5 %. Andalucía también muestra una notable mención con un 8,3 % de presencia en los proyectos detectados, seguida por el País Vasco con un 5,8 %. Otras comunidades autónomas también disponen de diversos proyectos, pero aparecen en menor medida. La diversidad regional refleja un enfoque colaborativo y amplio en la investigación alimentaria, con múltiples comunidades contribuyendo significativamente al avance del conocimiento y la innovación en este ámbito.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos recopilados en la detección de proyectos de investigación.

Los proyectos detectados abordan diferentes temáticas relacionadas con la innovación en el sector alimentario, agrupándose principalmente en tres categorías: proteínas alternativas y sustitutos cárnicos, insectos como fuente de nuevas proteínas y alimentos, y el uso de microalgas como fuente proteica.

En el ámbito de las proteínas alternativas y sustitutos cárnicos, se destacan varios **proyectos europeos de gran relevancia**. El proyecto Smart Protein explora fuentes alternativas de proteínas, con el objetivo de desarrollar nuevas opciones alimentarias sostenibles y nutritivas. De manera similar, el proyecto



NextGenProteins se enfoca en la investigación de proteínas derivadas de microalgas, abordando así una fuente prometedora y sostenible de nutrientes. El proyecto ProFuture también se centra en las microalgas, específicamente en la creación de ingredientes proteicos para la industria alimentaria.

Otra línea de investigación significativa es la que explora los insectos como fuente de alimento. En este contexto, el proyecto SUSINCHAIN se enfoca en la creación de una cadena de suministro sostenible de insectos como fuente proteica. Este enfoque no solo aborda la necesidad de encontrar fuentes de

proteína alternativas, sino que también considera la sostenibilidad ambiental y la eficiencia en la producción alimentaria.

Al analizar los proyectos con participación de organismos con sede en la CM, se observa que abordan diversas áreas de innovación alimentaria y suelen colaborar con entidades de otras regiones españolas. Esto refleja un esfuerzo integrado y una cooperación regional para impulsar el desarrollo de este sector. Entre estos proyectos, destacan VALPRO Path, que se centra en la sostenibilidad en la producción de alimentos, mientras que TRIBIOME explora biomasa



Fuente: Elaboración propia.



microbianas. GO DIANA e INNOSOL4MED abordan el desarrollo de soluciones innovadoras para la industria alimentaria. CULTUREDMEAT y Meat4All investigan la carne cultivada, y PROTIVEG se enfoca en proteínas vegetales. FEASTS, FerVeLact II e INNOLEG trabajan sobre mejoras en la fermentación y desarrollo de legumbres innovadoras. EVINALT y PROMISEANG se ocupan de alternativas nutritivas y sostenibles. MIRACLES y LIGNOFOOD desarrollan nuevas fuentes de alimentos a partir de lignocelulosa. CHEERS investiga soluciones sostenibles para la cadena de suministro de alimentos. ENTOMOTIVE y ACUINSECT exploran el uso de insectos en la alimentación. POLARALGA investiga las aplicaciones de las algas en la alimentación y, para finalizar, INNOPROT e InsectFlour centran su actividad en el desarrollo de proteínas innovadoras a partir de insectos.

En la siguiente infografía se han distribuido los proyectos detectados según las cuatro temáticas analizadas en este informe y se destacan aquellos en los que existe algún integrante en el consorcio con sede o presencia en la CM.

En conclusión, los proyectos de investigación analizados en este informe abarcan una gama diversa de enfoques innovadores en el sector alimentario, con un énfasis particular en las proteínas alternativas, los insectos y las microalgas, y, en menor medida, se desarrollan proyectos en carnes cultivadas. Se aprecia una sólida financiación europea y una amplia distribución geográfica entre los proyectos detectados, que representan un esfuerzo significativo hacia este objetivo común de la sostenibilidad y la innovación en el sector agroalimentario.



RESUMEN EJECUTIVO

INTRODUCCIÓN

PRINCIPALES CONCLUSIONES

TIPOLOGÍA DE NUEVOS ALIMENTOS

ESTADO DE MADURACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS

TAMAÑO DE MERCADO

1. Nuevos alimentos proteicos a partir de plantas
2. Nuevos alimentos proteicos basados en fermentación
3. Nuevos alimentos basados en carne cultivada
4. Nuevos alimentos basados en insectos
5. Proyectos de investigación

## 6. VALORACIÓN DE LOS EXPERTOS

7. Bibliografía

## 6. Valoración de los expertos

En este apartado recogemos las opiniones de algunos expertos o profesionales de empresa sobre aspectos clave en el ámbito que constituye el objeto de estudio del presente análisis. Las personas entrevistadas son Marta Miguel Castro, Beatriz Romanos, José Sánchez Grech, Román Muñoz Sánchez e Ion Uranga.



Marta Miguel Castro

Perfil profesional

Investigadora científica en el Instituto de Investigación en Ciencias de la Alimentación del CSIC, lidera el grupo de investigación Bioactive Gastronomy, que trabaja en el diseño y obtención de nuevos ingredientes y alimentos funcionales para mejorar la salud, el bienestar y la calidad de vida de las personas. Es cofundadora, junto con la Dra. Marta Garcés Rimón, de la *spin off* iLike Food Innovation, ligada al CSIC y a la UFV, que busca soluciones innovadoras a retos que plantea la industria alimentaria a nivel mundial.

**¿Cómo evaluaría el estado actual del sector de los nuevos alimentos a base de proteínas alternativas? ¿Cuáles considera que son los más prometedores dentro de este sector?**

El sector de los nuevos alimentos *plant-based* lleva años en crecimiento constante, ya que el consumidor es cada vez más consciente de los problemas ambientales y de salud asociados con el patrón de dieta y el estilo de vida, y demanda cada vez productos más sostenibles, saludables y éticos.

El avance en las tecnologías alimentarias ha permitido crear productos *plant-based* que se asemejan cada vez más a los alimentos de origen animal en sabor, textura y apariencia. Esto ha ayudado a aumentar la aceptación entre los consumidores. Sin embargo, sigue existiendo una preocupación por parte del consumidor a la hora de encontrar análogos que sean realmente saludables y que no contengan alérgenos. Es por ello por lo que en el mercado de las alternativas vegetales todavía sigue existiendo una gran oportunidad de innovación y crecimiento. Dentro de las aplicaciones más demandadas se encuentran los análogos cárnicos basados en hamburguesas, embutidos o albóndigas, entre otros. Pero podemos encontrar también alternativas a los lácteos, como leches de almendra, o las bebidas de avena o soja, así como análogos de derivados lácteos que sustituyen a quesos, yogures y helados veganos. Recientemente, han irrumpido en el sector *plant-based* los análogos de pescado y marisco como sustitutos del atún, gambas o filetes de pescado, y también sustitutos del huevo elaborados con productos vegetales.

Teniendo en cuenta el panorama global, y según el ritmo de crecimiento y la filosofía que mueve el mercado global y específicamente el mercado *plant-based*, se prevé un aumento constante de consumidores *veggies* que buscan cada vez más productos saludables, éticos, sostenibles y honestos, lo que está impulsando la demanda de alternativas vegetales que reúnan todas



estas características, sin olvidar la mejora de la sensorialidad, especialmente del sabor y la textura de estos productos.

**Desde su perspectiva, ¿cuáles son los principales beneficios y aspectos negativos de las proteínas alternativas para el medio ambiente y la sociedad o para la salud?**

Actualmente, diferentes organismos a nivel nacional e internacional alertan sobre la necesidad de disminuir el consumo de productos de origen animal y su impacto negativo tanto para la salud como para el medioambiente.

La moderación en el consumo de alimentos de origen animal se ha vinculado con una mejora en la salud, con una reducción del riesgo de enfermedades crónicas, como las enfermedades cardiovasculares, la diabetes mellitus tipo II, la hiperlipidemia, la obesidad y la hipertensión, entre otras. Además, la Organización Mundial de la Salud (OMS) aconseja disminuir el consumo de carne para reducir el riesgo de cáncer colorrectal. Por su parte, en España, la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AECOSAN) aconseja un consumo de carne moderado, de no más de dos veces por semana, ya que el consumo continuado y excesivo se asocia a problemas de salud.

Por otro lado, están los beneficios sobre el medioambiente. Una de las principales causas del calentamiento global es la emisión a la atmósfera de gases de efecto invernadero. Aunque se asume que la industria, el transporte y el sector energético son las actividades humanas que más contaminan, el papel de la alimentación en el cómputo global de las emisiones de gases de efecto invernadero también es preocupante. Al menos un 25 % de las emisiones anuales de gases de efecto invernadero corresponden al sector de la alimentación. De este porcentaje, un 58 % corresponde a la generación de productos animales y, a su vez, un 50 % se corresponde con la producción

de carne. El sector de la alimentación, y concretamente la producción de productos de origen animal, también consume gran cantidad de agua, y esa huella hídrica es mucho menor para un gran número de productos de origen vegetal, como es el caso de las legumbres, cuyo cultivo debería ser prioritario para reducir el consumo de un recurso tan escaso como es el agua.

Teniendo en cuenta todos estos factores, parece obvia la necesidad de disminuir el consumo de proteínas de origen animal y optar por un consumo de proteínas alternativas de origen vegetal, no solo desde el punto de vista sostenible o medioambiental, sino también desde un punto de vista de la salud humana.

**¿Qué avances recientes en la investigación de proteínas alternativas considera más significativos y por dónde estima que evolucionará la innovación en este sector?**

Actualmente, podemos encontrar diferentes líneas de desarrollo en el campo de los productos *plant-based* como son las que enumero a continuación.

La impresión 3D a partir de extractos de proteínas vegetales, que, aunque es una tecnología muy novedosa que permite imitar la textura fibrosa de la carne, utiliza extractos y concentrados de proteína, lo que genera una gran cantidad de residuos perjudiciales para el medioambiente. Sin embargo, el escalado en la industria alimentaria de estas tecnologías aún es controvertido por su coste y viabilidad tecnológica.

Encontramos también la tecnología de fermentación de precisión, que permite generar nuevos ingredientes a través de la fermentación y cultivo de hongos en biorreactores. A pesar de ser una de las tecnologías más prometedoras, el coste es todavía elevado e implica en algunos casos el uso de organismos genéticamente modificados.



Por otro lado, se está desarrollando la «carne cultivada» o «carne de laboratorio». Esta tecnología permite producir carne a partir de células madre de origen animal cultivadas en el laboratorio. En la actualidad es posible producir este tipo de carne a escala de laboratorio. El reto actual está en su escalado, su coste de producción, y en mejorar su baja sensorialidad, que produce cierto rechazo por los consumidores. Además, al ser carne de origen animal, algunos de los productos desarrollados con esta tecnología carecen de los beneficios saludables de las alternativas *plant-based*.

Recientemente, han aparecido en el mercado tecnologías novedosas como la desarrollada para la producción de Leggie®, que utiliza matrices completas evitando así la generación de mermas y residuos, lo que la convierte en una



tecnología respetuosa con el medioambiente. Dentro de estas matrices, en el caso de Leggie® se apuesta por legumbres mediterráneas de cercanía, como es el caso de la algarroba, con el fin de revalorizarlas y desarrollar nuevos usos alimentarios para este alimento en el mercado, y que además tiene una baja huella hídrica y de carbono. Además, en su producción no se usan complejos y costosos procesos tecnológicos ni procesos fermentativos, y es fácilmente escalable. Se trata de un proceso con un alto componente innovador centrado en impactar en la salud, la sostenibilidad y la sensorialidad.

**¿Qué retos o desafíos tecnológicos cree que enfrentan actualmente las proteínas alternativas para ser competitivas con respecto a las proteínas tradicionales? ¿Cuáles considera que son los avances tecnológicos más relevantes?**

En el mercado de alimentos *plant-based* todavía existen retos y barreras que superar para conseguir escalados óptimos en la industria alimentaria y satisfacer la demanda del consumidor.

La mayoría de los productos *plant-based* comercializados actualmente no consiguen satisfacer esta demanda, puesto que muchos de ellos, aunque tienen una textura similar a la carne, adolecen de grandes mermas de sabor y una composición de dudosa calidad nutricional, además de utilizar tecnología y procesos que generan gran cantidad de residuos y mermas. Sin embargo, las mejoras en la tecnología alimentaria han hecho que los nuevos productos *plant-based*, como las hamburguesas de origen vegetal, sean cada vez más cercanos a la experiencia del consumo de carne tradicional.

Tradicionalmente, para la fabricación de análogos *plant-based*, la mayoría de las empresas del sector utilizan extractos o concentrados proteicos cuya producción requiere gran cantidad de energía, produce gran cantidad de



mermas y subproductos que encarecen el proceso y el producto final, y genera residuos que no son respetuosos con el medio ambiente. A esto se suma la percepción del consumidor de que este tipo de productos son «poco honestos», ya que incluyen en su etiquetado un gran número de ingredientes y aditivos, lo que los convierte en productos muy procesados. En este sentido, están apareciendo en el mercado alternativas poco procesadas, elaboradas con un reducido número de ingredientes y todos de origen natural. Leggie® es un ejemplo de ello. Está elaborado únicamente con seis ingredientes naturales, por lo que se trata de un producto mínimamente procesado, entre los que destaca la algarroba, legumbre de cercanía 100 % mediterránea. Además, se trata de una composición sin alérgenos ni aditivos (gracias a su conservación mediante altas presiones isostáticas), con el fin de que sea un producto que pueda consumir toda la población. Sin olvidar que se hace un uso integral de los ingredientes, por lo que no produce mermas ni subproductos en su elaboración.

### ¿Qué tipo de colaboraciones o alianzas considera esenciales para impulsar la innovación en el sector de las proteínas alternativas?

Para impulsar la innovación en el sector de los productos *plant-based* son esenciales diversas colaboraciones y alianzas que involucren a diferentes sectores para lograr que este sector avance hacia un futuro más eficiente y accesible.

- Es fundamental una alianza entre la industria alimentaria y las *startups* que permita el desarrollo de nuevas tecnologías. Las grandes empresas alimentarias pueden aportar infraestructura, capacidad de distribución y recursos, mientras que las *startups* tienen un enfoque más ágil y creativo. Estas colaboraciones permiten el desarrollo de nuevos productos y tecnologías.

- Asimismo, resulta esencial la colaboración con la gran distribución, grandes superficies y sector HORECA, para que den oportunidades de comercialización en el mercado a nuevos alimentos y así conseguir que estos productos, cada vez más demandados, lleguen a estar accesibles para todos los consumidores.
- La colaboración con centros de investigación y universidades. La innovación en el desarrollo de ingredientes, procesos y texturas requiere investigación avanzada en biotecnología, ciencia de alimentos y agricultura. Los institutos académicos proporcionan una base científica sólida para mejorar la calidad y funcionalidad de los productos *plant-based*.
- Asociaciones con el sector agrícola. La disponibilidad de ingredientes de alta calidad y sostenibles es clave. Colaborar con productores y agricultores permite el acceso a nuevas fuentes de proteínas vegetales y materias primas sostenibles, lo que favorece la innovación en los procesos de cultivo y abastecimiento.
- Inversores. La financiación es fundamental para que las empresas puedan llevar a cabo investigaciones y escalar su producción. Las alianzas con inversores ayudan a obtener los recursos necesarios para el crecimiento y la innovación.

### ¿Cuáles considera que son las oportunidades de mercado en el sector de las proteínas alternativas?

Las oportunidades de mercado en el sector de los productos *plant-based* son amplias y en crecimiento acelerado debido a diversas tendencias globales. Los consumidores, cada vez más conscientes de la importancia de su salud, buscan alternativas vegetales como opción para mejorar su bienestar. Este mercado responde a la demanda de productos con menos grasas sa-



turadas, colesterol y sin alérgenos. Por otro lado, la producción de alimentos *plant-based* tiene un menor impacto ambiental que la producción cárnica tradicional. Con la preocupación creciente por el cambio climático y la sostenibilidad, muchos consumidores optan por opciones más ecológicas, lo que impulsa el crecimiento de este tipo de productos.

Por todo ello, las dietas veganas, vegetarianas y flexitarianas están ganando popularidad. Muchos consumidores no se comprometen completamente a eliminar la carne, pero buscan reducir su consumo, abriendo una oportunidad de mercado a nuevos productos que imiten el sabor y la textura de los productos de origen animal. Por ello, las empresas están invirtiendo en investigación y desarrollo para crear productos que repliquen con precisión la experiencia sensorial de los productos animales.

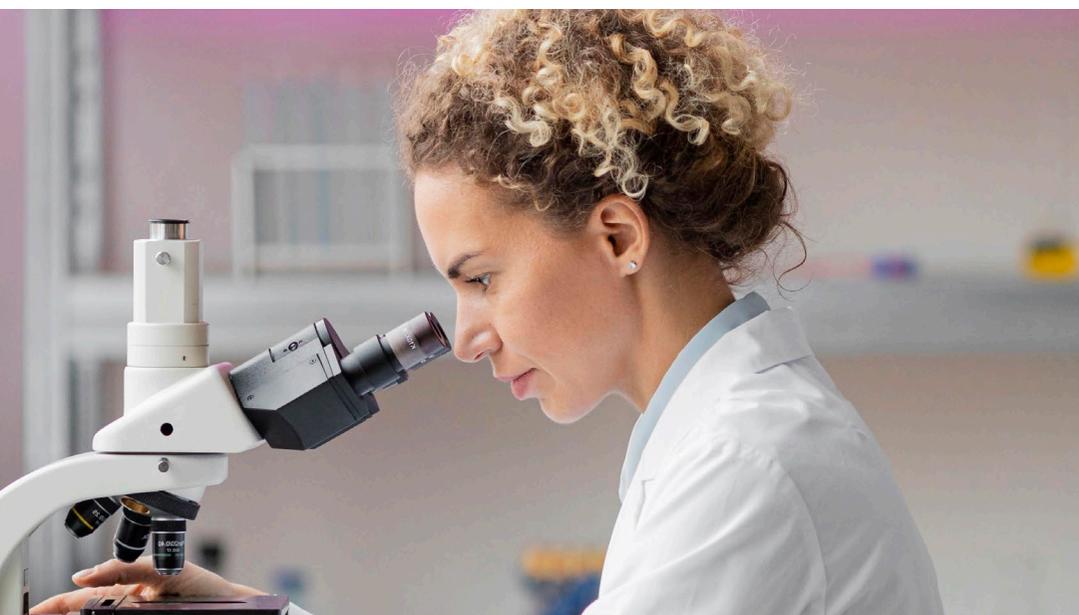
Las opciones de crecimiento del sector *plant-based* están impulsadas por cambios en las preferencias del consumidor, la necesidad de sostenibilidad y

avances tecnológicos, con un amplio potencial para expandirse. Sin embargo, todavía queda un largo camino para llegar al consumidor, puesto que sin el apoyo de la gran distribución y las grandes superficies a veces se hace inaccesible llegar a todos los consumidores.

### ¿Cómo percibe la aceptación del consumidor hacia las proteínas alternativas?

La aceptación del consumidor hacia los productos *plant-based* ha crecido en los últimos años. Aunque es un proceso gradual, la concienciación de la población, sobre todo de los consumidores jóvenes, sobre los problemas a los que la sociedad se enfrenta, tanto de salud como medioambientales, hace que sea una tendencia en aumento.

Muchos consumidores, más conscientes del impacto ambiental de la producción de carne, como la huella de carbono y el uso intensivo de agua y tierra, perciben los productos *plant-based* como una solución para reducir el impacto ecológico. Hay también una preocupación creciente por problemas



de salud relacionada con el consumo de carne roja y procesada, como las enfermedades cardíacas, la diabetes o el colesterol elevado, que ha llevado a muchos consumidores a optar por alternativas vegetales, que se perciben como opciones más saludables.

Sensorialmente, los productos alternativos no igualan a la carne en sabor y textura. Sin embargo, las mejoras en la tecnología alimentaria han hecho que aparezcan en el mercado productos de origen vegetal que aportan una experiencia cada vez más cercana a la del consumo de carne.

La aparición en el mercado de una mayor variedad de productos ha ampliado las opciones para los consumidores, facilitando la adopción de dietas flexitarianas o completamente basadas en plantas sin tener que renunciar a la experiencia hedónica y social que aportan estos alimentos.

### **¿Cuáles cree que son las fortalezas y debilidades de la Comunidad de Madrid en su posicionamiento ante el sector emergente de los nuevos alimentos?**

La Comunidad de Madrid cuenta con un fuerte ecosistema de innovación y emprendimiento; existen en la región numerosas empresas y *startups* dedicadas a la tecnología alimentaria. Además, la Comunidad de Madrid alberga un gran número de centros de investigación y universidades que trabajan en el desarrollo de nuevos productos *plant-based*.

Al ser la capital, Madrid es un importante centro económico y dispone de una importante infraestructura logística y acceso a mercados internacionales, lo que facilita la comercialización y exportación de productos. Sin embargo, todavía queda un largo camino de colaboración entre las empresas innovadoras y la gran distribución, ya que se trata de alimentos de poca rotación y facturación y las grandes superficies de alimentación todavía ven un riesgo en incluirlos en sus lineales. Dicha situación origina que estos nuevos produc-

tos no lleguen a todos los consumidores y que sea la venta *online*, quizás, la más utilizada por la empresas que los desarrollan, con la limitación de que las ventas *online* de alimentos son todavía escasas y aún más las de productos refrigerados o congelados.

La Comunidad de Madrid apoya iniciativas relacionadas con la sostenibilidad y la innovación, lo que crea un entorno más favorable para el desarrollo del sector *plant-based*. Sin embargo, sería necesario fomentar políticas que incentiven la producción y venta de productos de cercanía y locales, algo que sí ocurre en otras comunidades autónomas, y la realización de campañas de concienciación para educar a la población en una alimentación más sostenible, ética y saludable y en la importancia para la salud de moderar el consumo de productos de origen animal.

Por otro lado, los costes de vida en Madrid, incluidos los precios de locales, mano de obra, etc., son más elevados que en otras regiones, lo que puede constituir una dificultad más para las pequeñas empresas que buscan establecerse en este sector.

Aunque hay iniciativas de apoyo a la innovación en general, no existen suficientes políticas públicas específicas enfocadas al desarrollo del sector *plant-based*. La tradición de producción y consumo de productos derivados de la pesca y la ganadería, así como las empresas que comercializan estos productos animales, están muy arraigadas, por lo que es muy difícil para las empresas de tecnología alimentaria en el sector *plant-based* introducir sus productos en el mercado. Como ejemplo, en varias cadenas de gran distribución se llevan a cabo campañas de promoción de «productos de Madrid». En estas campañas se suelen incluir productos de la región tales como mieles, carnes o vinos, pero los productos *plant-based* innovadores no están presentes en ellas.



### ¿Tiene algún comentario adicional o sugerencia sobre la innovación y el desarrollo en este ámbito de los nuevos alimentos basados en proteínas alternativas?

Según nuestra experiencia, aunque el mercado de productos *plant-based* está en auge, todavía queda mucho por hacer. Los centros de investigación y *startups* trabajan en la innovación y creación de nuevos productos con mejores características organolépticas, con mejores ingredientes y más saludables. Sin embargo, encontramos una gran barrera difícil de salvar cuando nos enfrentamos a la industria y la gran distribución. Las empresas alimentarias que producen y comercializan productos de origen animal están tradicionalmente muy arraigadas en el mercado, y es muy difícil que las empresas innovadoras alimentarias del sector *plant-based*, habitualmente pymes, puedan tener la oportunidad de introducir sus productos en el mercado. Por todo ello, sería necesario un apoyo y acompañamiento a las empresas que desarrollan este tipo de productos a la hora de introducirlos en el mercado, así como campañas de concienciación a la población sobre la importancia para la salud y el medioambiente de moderar el consumo de productos de origen animal, y, por qué no, un IVA reducido en aquellos que cumplan los requisitos reales de salud y sostenibilidad.



## Beatriz Romanos

### Perfil profesional

Especialista en *foodtech*, es autora del libro *Foodtech. La gran revolución de la industria alimentaria*. Coach de innovación, consultora y profesora de IE University, cuenta con una importante experiencia en el ámbito de la inversión (Venture Partner de PeakBridge 2023/24, Unitatea). Asimismo, se ha desempeñado como mentora en programas de aceleración y como responsable de áreas de comunicación y *marketing* en empresas tecnológicas, como Qualcomm, NTT y Colt.

### ¿Cómo evaluaría el estado actual del sector de los nuevos alimentos a base de proteínas alternativas? ¿Cuáles considera que son los más prometedores dentro de este sector?

El sector de los nuevos alimentos basados en proteínas alternativas está en un punto de evolución crucial. Sugiero ampliar el concepto más allá de las proteínas, incluyendo componentes clave como lípidos, conservantes, aromas y colorantes. Actualmente, el desarrollo de estos alimentos sigue el ciclo habitual de toda innovación disruptiva: primero experimenta un auge de expectativas hasta alcanzar el pico de «sobreexpectativas», seguido de una fase valle o incluso un abismo, donde las innovaciones deben encontrar su lugar en el mercado, satisfacer al consumidor y demostrar viabilidad comercial. Aquellas que logran superar esta fase de decepción finalmente se consolidan. Dependiendo de la tecnología de la que hablemos, nos encontramos más o menos avanzados en esa dinámica.



Cabe reseñar que el auge y crecimiento de expectativas en este sector responde a la necesidad de abordar importantes retos globales. Por un lado, los desafíos ambientales, como la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), la seguridad alimentaria ante el crecimiento poblacional y las recomendaciones de salud que sugieren reducir el consumo de carne, junto con una mayor preocupación por el bienestar animal. Por otro lado, las innovaciones tecnológicas permiten desarrollar alternativas cada vez más realistas a los productos de origen animal, como nuevas técnicas de texturización, fermentación de biomasa y precisión, y el cultivo celular.

En cuanto a las tecnologías que impulsan esta transformación, podemos destacar la fermentación de biomasa, la fermentación de precisión, el cultivo celular y el cultivo molecular en plantas. Estas técnicas permiten producir alimentos que cada vez se acercan más a los originales, en términos de sabor y textura. Además, la identificación de nuevas fuentes de proteínas que antes no se utilizaban, y que ahora pueden desbloquearse gracias a los avances tecnológicos, supone una oportunidad de negocio que está captando un gran interés inversor.

Actualmente, estamos en la fase 2.0 de los alimentos alternativos, especialmente en la categoría de *plant-based*, con un enfoque B2C (*business to consumer*) muy fuerte, pero con importantes desafíos aún por resolver. Nos encontramos en un momento en el que la oferta ha crecido al calor del *boom* inicial, lo que ha provocado una gran disparidad en la calidad de los productos y en la diferenciación entre ellos. Además, las promesas de las marcas en cuanto a sabor y salubridad no siempre se han cumplido, lo que ha generado cierta decepción en el consumidor. Esto ha puesto de manifiesto la necesidad de mejorar los productos, especialmente en lo que respecta al sabor y la composición nutricional, para poder avanzar hacia una consolidación real en el mercado.

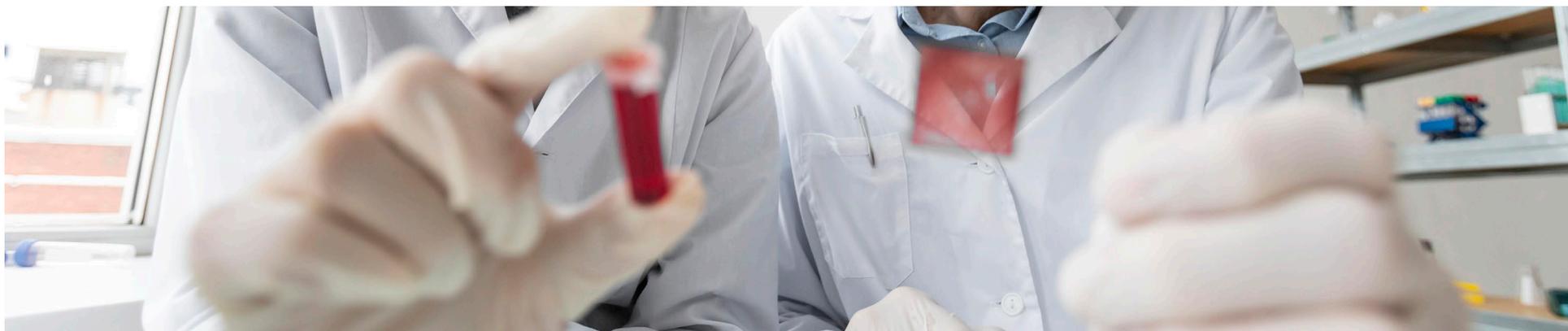
Después de una fase de corrección, el sector todavía no ha superado por completo los retos clave. Se reconoce la necesidad de mejorar los productos, especialmente en términos de sabor y valor nutricional. Además, alcanzar una paridad en precio con los productos tradicionales sigue siendo un desafío importante. Aunque contar con activos protegidos, como propiedad intelectual (IP), y alcanzar ciertos indicadores operativos puede ofrecer una ventaja competitiva, esto no garantiza el éxito. De hecho, hemos visto cómo algunos proyectos han caído, incluso aquellos con activos importantes de patentes o instalaciones avanzadas.

Hoy en día, diría que el sector está en lo que podría llamarse la fase 3.0, donde el foco se centra en productos *plant-based* con una mejor composición nutricional y una «etiqueta limpia». También vemos un fuerte impulso en las innovaciones B2B, que buscan desarrollar ingredientes y tecnologías capaces de resolver desafíos específicos, como mejorar el sabor, la textura y la naturalidad de los productos, además de reducir su nivel de procesamiento.

Una tendencia muy prometedora es la hibridación, que considera los nuevos alimentos como ingredientes complementarios en productos mixtos (*plant-based* + carne). Esto es especialmente interesante en el contexto de las plataformas de fermentación, que permiten desarrollar proteínas idénticas a las de origen animal, como la caseína o el suero de leche, o incluso proteínas capaces de endulzar más que el azúcar, como la brazeína. Estas innovaciones ya están siendo comercializadas en mercados como Estados Unidos, pero aún necesitan la aprobación de la EFSA en Europa.

Finalmente, es importante destacar la entrada de grandes actores del sector alimentario, desde la industria cárnica hasta otros sectores como el de los *snacks*, que están creando divisiones específicas para estos nuevos alimentos. Estas empresas cuentan con la ventaja de su tamaño, canales de





distribución y conocimiento del mercado, lo que les permite posicionarse de manera sólida. En algunos casos, esta expansión ha sido posible mediante colaboraciones o adquisiciones de *startups* pioneras, como son los casos de Better Balance con Chunk Foods o el de Unilever con The Vegetarian Butcher.

El futuro del sector se inclina hacia un enfoque más centrado en el consumidor, con menos énfasis en la sustitución de productos tradicionales y más en los beneficios concretos para la salud y el bienestar. Los argumentos ambientales no son suficientes para impulsar una consolidación en el mercado. Además, vemos una tendencia hacia la externalización de la producción y un mayor protagonismo de los modelos públicos y público-privados para facilitar el escalado de proyectos.

Sigue habiendo un *gap* muy importante, un abismo que cuesta mucho salvar entre las fases de laboratorio o pilotos iniciales y la comercialización efectiva. Muchas empresas enfrentan dificultades para consolidar sus proyectos. En el campo del cultivo celular, seguimos en una etapa de I+D enfocada en optimi-

zar los procesos productivos para alcanzar la rentabilidad. Aunque algunas compañías han recibido aprobación regulatoria en Estados Unidos, aún no comercializan sus productos, lo que sugiere que la presencia de carne cultivada en los supermercados sigue siendo una meta a largo plazo.

Hay que destacar que los modelos de negocio en este sector están evolucionando de modelos centrados en un solo producto hacia «plataformas de innovación» que desarrollan portafolios diversificados. Rentabilizar una compañía con un solo producto es complicado, por lo que muchas están adoptando modelos B2B (*business to business*), como el caso de Heura, para aumentar sus oportunidades en el mercado.

En cuanto a la cuestión de cuáles de estas novedosas propuestas son las más prometedoras, es preciso decir que los productos híbridos, que combinan componentes de origen animal y vegetal junto con técnicas de fermentación, están demostrando ser especialmente funcionales. Además, el sector de los ingredientes B2B, que aportan funcionalidades técnicas (como emul-



sión, color o alternativas a ingredientes sintéticos) y beneficios para la salud (pro- y prebióticos, proteínas, omegas), está mostrando una mayor resiliencia frente a la incertidumbre económica. A diferencia de algunos proyectos B2C, que a menudo tienen una vida efímera, los ingredientes B2B se están consolidando mejor, incluso en un entorno de inversión más limitado.

### **Desde su perspectiva, ¿cuáles son los principales beneficios y aspectos negativos de las proteínas alternativas para el medio ambiente y la sociedad o para la salud?**

Hoy en día, cualquier producto debe desarrollarse bajo principios de ecodiseño, considerando su ciclo de vida completo. Las proteínas alternativas presentan ventajas ambientales frente a la producción intensiva, pero es importante recordar que, como industria emergente, aún no han optimizado todas sus eficiencias. Es crucial vigilar el origen y la sostenibilidad de las materias primas utilizadas.

En cuanto a la salud, las empresas son conscientes de la demanda de productos más nutritivos, con etiquetas más limpias. Sin embargo, el sabor y la seguridad alimentaria son fundamentales para asegurar la recurrencia del consumidor. No basta con basar el posicionamiento solo en aspectos ambientales o éticos; los factores clave para la consolidación de estos productos en el mercado son el precio competitivo, la consistencia en la cadena de suministro y su impacto en la salud.

### **¿Qué avances recientes en la investigación de proteínas alternativas considera más significativos y por dónde estima que evolucionará la innovación en este sector?**

En términos de ingredientes, se están desarrollando soluciones para desafíos específicos, como el sabor, utilizando componentes naturales (por ejemplo, fermentación de legumbres o levaduras), así como alternativas naturales a

conservantes y colorantes. También se han desarrollado ingredientes funcionales que actúan como aglutinantes o gelificantes, y alternativas a ingredientes como la metilcelulosa, el huevo, las grasas y el azúcar, con menor impacto en la salud. Además, las innovaciones incluyen alternativas al cacao, que emplean técnicas como la fermentación de precisión o el cultivo celular.

En cuanto a tecnologías, la fermentación moderna (de precisión, guiada, impulsada por IA) es especialmente prometedora debido a su flexibilidad y rapidez, además de la posibilidad de producir coproductos que complementen el modelo de negocio. En muchos casos, estos productos no requieren la aprobación como *novel food*, lo que facilita su entrada al mercado.

El cultivo celular también sigue avanzando, optimizando células y medios de crecimiento para mejorar la escalabilidad y reducir los costes, aunque sigue siendo una tecnología a largo plazo. La convergencia de la inteligencia artificial y la ingeniería genética están siendo clave en la evolución de estas tecnologías.

Mención especial hay que hacer de las tecnologías de texturización, que siguen avanzando en sus investigaciones, sumándose a las ya conocidas técnicas de extrusión seca y húmeda. Ejemplos incluyen la bioimpresión multidireccional de Cocus, la impresión 3D de Novameat, la Shear Cell Technology de Rival Foods, la presión en frío de Leggie o la destacada tecnología de encadenamiento de proteínas de [Demolish](#). Todas estas tecnologías permiten crear productos con texturas más cercanas a la de los alimentos originales.

Además, las técnicas de edición genética están recibiendo un impulso con las nuevas técnicas genómicas (NTG) en la Unión Europea, lo que favorecerá la innovación en este campo. Otras áreas en crecimiento son las biofactorías y el *upcycling*, que aprovechan residuos y subproductos de la industria alimentaria para desarrollar nuevos alimentos.



En cualquier caso, cabe mencionar que los modelos de negocio basados en plataformas de desarrollo, capaces de generar portfolios de productos diversificados, son más atractivos para la inversión que las soluciones centradas en un solo producto.

### **¿Qué tipo de colaboraciones o alianzas considera esenciales para impulsar la innovación en el sector de las proteínas alternativas?**

Las colaboraciones que permitan pasar del laboratorio a las fases preindustrial e industrial son fundamentales, ya que el escalado es uno de los grandes desafíos. En el actual contexto de inversión, consumo e inflación, es aún más crítico encontrar soluciones para superar este obstáculo, dado que la tasa de mortalidad de *startups* es alta.

Es crucial fomentar la colaboración con proveedores de tecnología y promover alianzas público-privadas, como ya ocurre en países como Dinamarca, Holanda, Canadá o Singapur. No se trata solo de financiación, sino de impulsar una colaboración efectiva entre las Administraciones para crear un ecosistema más sólido. Además, es necesario establecer una regulación específica, tanto a nivel nacional como europeo, que facilite la innovación en este sector.

Por último, la colaboración entre corporaciones y *startups* debe tener una visión a largo plazo, basada en un enfoque realmente colaborativo y no solo en relaciones de cliente/proveedor.

### **¿Cuáles considera que son las oportunidades de mercado en el sector de las proteínas alternativas?**

Las mayores oportunidades están en el desarrollo de tecnologías habilitadoras para ingredientes y componentes (como proteínas y lípidos) en el ámbito

B2B. Además, todo aquello que permita sustituir ingredientes menos deseables, como la metilcelulosa o los conservantes, representa una gran oportunidad de crecimiento en este sector.

### **¿Cómo percibe la aceptación del consumidor hacia las proteínas alternativas?**

El gusto es el factor clave para la aceptación del consumidor. Si el sabor es bueno, y además el formato es conveniente y el precio adecuado, el consumidor tiende a aceptar la innovación. Si el sabor falla, la recurrencia en la compra es limitada.

La percepción también depende de cómo se comunican y posicionan los productos. En las primeras fases del *boom* de las proteínas alternativas, se hizo mucho énfasis en el carácter alternativo. Ahora, el foco está más en la calidad y propiedades de los productos, en lugar de en su origen o las técnicas empleadas. Además, la demonización de los sistemas tradicionales de producción ha generado cierta polarización que puede influir negativamente en la aceptación del consumidor, lo que subraya la necesidad de una comunicación clara y responsable.

### **¿Cuáles cree que son las fortalezas y debilidades de la Comunidad de Madrid en su posicionamiento ante el sector emergente de los nuevos alimentos?**

**Fortalezas:** La Comunidad de Madrid cuenta con la presencia de grandes corporaciones de la industria alimentaria, un menor peso del sector ganadero/cárnico y una fuerte presencia de industrias tecnológicas e innovadoras, como las del sector farmacéutico y tecnológico. Además, su población urbana, tanto local como extranjera, incluye generaciones más abiertas a aceptar este tipo de productos, y la oferta gastronómica cosmopolita es un entorno favorable para la innovación.



**Debilidades:** Sin embargo, la Comunidad de Madrid tiene un enfoque limitado en el sector *foodtech* como motor de innovación y atracción de inversiones, especialmente en comparación con otras regiones como Cataluña, Valencia o Galicia, que llevan más ventaja. Además, el conocimiento y la permeabilidad hacia las posibilidades de esta industria son reducidos, y la presencia de otras industrias más predominantes puede limitar el desarrollo de este sector.

**¿Tiene algún comentario adicional o sugerencia sobre la innovación y el desarrollo en este ámbito de los nuevos alimentos basados en proteínas alternativas?**

Sería recomendable impulsar programas públicos o colaboraciones público-privadas para fomentar el desarrollo de esta industria. Además, es importante destacar el impacto que esta industria emergente puede tener como generadora de innovación, riqueza y empleo de calidad, tanto a nivel regional como nacional, y que también abre nuevas oportunidades para el sector primario, que podría convertirse en proveedor de materias primas para nutrirlos.



## José Sánchez Grech

### Perfil profesional

Empresario e ingeniero industrial. Presidente de la Asociación Española para el Desarrollo y la Transferencia Técnica, Tecnológica y Medioambiental a la Agricultura y la Ganadería (ASETAGA), es también presidente de la Asociación Nacional de Productores de Insectos (APROINSECTA) y empresario en industria de producción de insectos para consumo humano y animal. Ha participado en el desarrollo de numerosos proyectos de I+D+i en nuevas fuentes proteicas y biotecnología de insectos.

**¿Cómo evaluaría el estado actual del sector de los nuevos alimentos a base de proteínas alternativas? ¿Cuáles considera que son los más prometedores dentro de este sector?**

El sector de los alimentos a base de proteínas alternativas está en constante evolución, con un crecimiento acelerado en los últimos años debido a la creciente demanda de soluciones sostenibles y saludables. Este mercado está impulsado por preocupaciones ambientales, de salud y bienestar animal. Las proteínas vegetales, como las basadas en guisantes y soja, dominan actualmente el mercado, pero las proteínas derivadas de microorganismos (fermentación de precisión), algas y la carne cultivada están ganando relevancia como opciones muy prometedoras. Además, las proteínas de insectos están emergiendo como una alternativa viable, especialmente en regiones con marcos regulatorios favorables. En la UE ya son varias las especies de insectos admitidas como *novel food*.



**¿Qué avances recientes en la investigación de proteínas alternativas considera más significativos y por dónde estima que evolucionará la innovación en este sector?**

Uno de los avances más significativos es el desarrollo de la fermentación de precisión, que permite crear proteínas y compuestos bioactivos de forma más eficiente. También es destacable la evolución en la carne cultivada, que ha avanzado significativamente en la reducción de costos de producción y mejora de la textura y sabor. La innovación se dirige hacia la optimización de estos procesos para hacerlos económicamente viables a gran escala, con un enfoque en mejorar el perfil nutricional de estos alimentos, haciéndolos más completos y bioasimilables.

**¿Qué retos o desafíos tecnológicos cree que enfrentan actualmente las proteínas alternativas para ser competitivas con respecto a las proteínas tradicionales? ¿Cuáles considera que son los avances tecnológicos más relevantes?**

El desafío más significativo es lograr escalabilidad sin comprometer el coste de producción y la calidad, fundamentales ambos para una verdadera inclusión de las proteínas alternativas en la dieta de los consumidores y en su «lista de la compra».

Esto incluye la reducción de los costes de producción de la carne cultivada y las proteínas microbianas, que aún son considerablemente altos. También es fundamental mejorar la textura, el sabor y la biodisponibilidad de los nutrientes, que a menudo no alcanzan el nivel de los productos animales tradicionales. Los avances en biotecnología, como la mejora de cepas microbianas y el uso de inteligencia artificial para optimizar procesos de fermentación y diseño de productos, son fundamentales para superar estos obstáculos. La



inclusión de estas proteínas alternativas como alimentos componentes de formulados o productos elaborados podría facilitar su acceso (como en el caso de los insectos, en el que sigue existiendo una barrera cultural para su uso como alimento integral).

**¿Qué tipo de colaboraciones o alianzas considera esenciales para impulsar la innovación en el sector de las proteínas alternativas?**

Las colaboraciones entre la industria alimentaria y los centros de investigación son esenciales para acelerar la innovación. Además, las alianzas público-privadas pueden ser clave para atraer inversiones en I+D y desarrollar infraestructu-



ras que permitan la producción a gran escala. Es vital también la colaboración entre empresas de tecnología alimentaria y biotecnología para optimizar la producción y mejorar el perfil nutricional y organoléptico de los productos. La participación de organizaciones regulatorias es igualmente importante para facilitar la aprobación y aceptación de nuevas fuentes de proteínas.

### **¿Cuáles considera que son las oportunidades de mercado en el sector de las proteínas alternativas?**

El mercado de las proteínas alternativas presenta grandes oportunidades en sectores como el *retail*, la industria alimentaria y la restauración. Además de los consumidores veganos o vegetarianos, un grupo creciente de personas flexitarianas está impulsando la demanda. Existe un gran potencial en productos funcionales, que además de proporcionar proteínas, incluyan beneficios para la salud (probióticos, antioxidantes, etc.). Los mercados emergentes, como Asia y América Latina, ofrecen oportunidades adicionales, particularmente en áreas donde las proteínas convencionales son más costosas o inaccesibles.

En cuanto a los insectos, existe una oportunidad muy interesante de su utilización como biovalorizadores de subproductos alimentarios, reduciendo el desperdicio alimentario e incrementando el aprovechamiento de las materias primas alimentarias sobre todo en alimentación humana (alta seguridad alimentaria y trazabilidad).

### **¿Cómo percibe la aceptación del consumidor hacia las proteínas alternativas?**

La aceptación del consumidor ha crecido en los últimos años, pero aún persisten barreras relacionadas con el sabor, la textura y la percepción del nivel de procesamiento de estos productos. Mientras que un segmento de consumidores más jóvenes y conscientes del medio ambiente ha adoptado rápidamente las proteínas alternativas, otros consumidores muestran escepticismo.

La transparencia en los ingredientes y los procesos de producción, junto con una mejor comunicación sobre los beneficios para la salud y el medio ambiente, son cruciales para aumentar la aceptación.

### **¿Cuáles cree que son las fortalezas y debilidades de la Comunidad de Madrid en su posicionamiento ante el sector emergente de los nuevos alimentos?**

Una fortaleza clave de la Comunidad de Madrid es su red de centros de investigación y universidades, que están a la vanguardia en biotecnología y tecnología alimentaria. Además, la proximidad a mercados europeos estratégicos ofrece ventajas para la comercialización y exportación. El propio mercado que supone Madrid capital por su alto número de potenciales consumidores concienciados permitirá que sea el motor del consumo y la producción de proteínas alternativas y nuevos alimentos en España principalmente.

Sin embargo, la dependencia de políticas regulatorias a nivel europeo y la falta de infraestructura específica para la producción a gran escala son debilidades que podrían limitar el crecimiento del sector en la región.

### **¿Tiene algún comentario adicional o sugerencia sobre la innovación y el desarrollo en este ámbito de los nuevos alimentos basados en proteínas alternativas?**

Gracias por contar con mi opinión.





## Román Muñoz Sánchez

### Perfil profesional

Gerente de la Asociación Empresarial de Alimentos de Madrid desde hace 21 años, desempeña el cargo de director general del Clúster de Agroalimentación de la Comunidad de Madrid desde su creación a comienzos de 2024. Realizó el Curso Superior de Industria Alimentaria en San Telmo Business School.

### ¿Cómo evaluaría el estado actual del sector de los nuevos alimentos a base de proteínas alternativas? ¿Cuáles considera que son los más prometedores dentro de este sector?

El sector ha comenzado un desarrollo importante en nuevos productos de este tipo en una carrera exponencial para encontrar los mejores alimentos. Es verdad que el cliente aún no los está demandando con la fuerza que se están produciendo y la inversión en ellos se busca a futuro.

Actualmente, el 90 % de los productos innovadores que llegan al mercado no alcanzan el año de vida en los lineales de los supermercados, por lo que encontrar ese equilibrio entre lo que demanda el cliente y lo que ofrecen las empresas es esencial para que no terminen mal las numerosas inversiones que se están haciendo.

Al final, entiendo que quedarán en el mercado aquellos que demuestren gusto, precio y valores nutricionales y medioambientales más adecuados y cer-

canos a esa experiencia que el consumidor necesita al comer, no solo para alimentarse, sino también para sentirse mejor.

### Desde su perspectiva, ¿cuáles son los principales beneficios y aspectos negativos de las proteínas alternativas para el medio ambiente y la sociedad o para la salud?

Empezando por mencionar los aspectos positivos, en lo que respecta al medio ambiente no lo tengo claro por no ser experto en los recursos que consume un nuevo producto de este tipo. Para la sociedad, entiendo que estos productos pueden dar un nuevo impulso a la diversificación de la economía y, por tanto, al bienestar de las personas. Y en cuanto a la salud, considero que ofrecen una variedad de nutrientes que nuestra genómica y microbiota pueden agradecer.

Si nos centramos en los temas negativos, respecto al medio ambiente vuelvo a no poder opinar. Para la sociedad puede resultar negativo que se utilicen estas nuevas proteínas como arma arrojadiza entre las diferentes políticas, tratando de dividir a la sociedad. Y para la salud, supongo que no habrá perjuicios, excepto que salgan dietas únicas y exclusivamente a base de estos alimentos.

### ¿Qué avances recientes en la investigación de proteínas alternativas considera más significativos y por dónde estima que evolucionará la innovación en este sector?

Ojalá supiera por dónde irá esta evolución. Lo que sí tengo claro es que debería focalizarse en mejorar la salud.

### ¿Qué retos o desafíos tecnológicos cree que enfrentan actualmente las proteínas alternativas para ser competitivas con respecto a las proteínas tradicionales? ¿Cuáles considera que son los avances tecnológicos más relevantes?



El primer reto es el coste efectivo de los nuevos productos.

El segundo es la introducción y aceptación por el mercado y que no haya desequilibrio al retirar del mercado tradicional algunos productos para producir otros de menor producción suponiendo el mismo resultado nutricional para las personas.

El tercero podría ser el hacer productos ricos en sabor sin aditivos químicos y de la manera más natural posible.

#### **¿Qué tipo de colaboraciones o alianzas considera esenciales para impulsar la innovación en el sector de las proteínas alternativas?**

La colaboración de toda la cadena: agricultor o ganadero, industria, distribución, nutricionistas, comunidad científica y comunicación. Sin duda, el éxito estará en la amplia colaboración. Si estamos alineados, la introducción será mucho más fácil y rápida.

#### **¿Cuáles considera que son las oportunidades de mercado en el sector de las proteínas alternativas?**

De momento, muy escasas al no haberse creado la necesidad por el cliente. Para crear oportunidades hay que sacar un producto «redondo» en precio, calidad, sabor..., y que emocione. El día que una empresa logre, con innovación y diseño, encontrar ese producto, se abrirá el mercado a estos productos; mientras tanto será residual.

La población está probando todos los productos que salen al mercado, pero no repite en la compra al no haber descubierto uno que emocione por sus valores.

#### **¿Cómo percibe la aceptación del consumidor hacia las proteínas alternativas?**

Lo observa como un producto con expectativas, está dispuesto a probarlo y sin ningún cliché preconcebido.

#### **¿Cuáles cree que son las fortalezas y debilidades de la Comunidad de Madrid en su posicionamiento ante el sector emergente de los nuevos alimentos?**

Nuestra fortaleza reside en que en la Comunidad de Madrid tenemos la mejor hostelería de España, el mercado más exigente, la mayoría de los gerentes de compras de la distribución española y una serie de centros de investigación de referencia nacional. Tener tanta cercanía a los órganos de decisión de compra y al mercado nos abre muchas puertas.

Como debilidad solo veo el hecho de no afrontar la competitividad del sector en Madrid. Si se aprovechara esa competitividad que existe en la Comunidad para mejorar, sin duda saldríamos ganando.





**Ion Uranga**

Perfil profesional

Ingeniero agrónomo por la Universidad Pública de Navarra, finalizó sus estudios en Montana State University (Estados Unidos). Su trayectoria profesional, desarrollada en diferentes países, siempre ha estado ligada a la cadena de valor alimentaria. Actualmente es responsable de proyectos estratégicos en el área comercial del Grupo Uvesco (BM Supermercados), donde impulsa proyectos del sector agroalimentario local alineados con la estrategia global de la compañía.

**¿Cómo evaluaría el estado actual del sector de los nuevos alimentos a base de proteínas alternativas? ¿Cuáles considera que son los más prometedores dentro de este sector?**

El sector de los nuevos alimentos a base de proteínas alternativas ha experimentado un crecimiento muy notorio en los últimos años. Los productos existentes en el mercado cubren una necesidad relacionada con la demanda de opciones alimentarias más sostenibles y con la preocupación por el bienestar animal por parte del consumidor. No obstante, cabe destacar que consolidarse y seguir creciendo en el mercado es un desafío al que tienen que enfrentarse tanto las marcas ya presentes en el mercado como las más incipientes. En este sentido, esta categoría de productos está todavía en su proceso de maduración.

De momento, las proteínas alternativas más prometedoras parecen ser las de origen vegetal, que son las que principalmente ocupan este nicho y están más desarrolladas. Alternativas como la carne cultivada en laboratorio todavía están en fase experimental y tienen que recorrer un largo camino hasta poder encontrar su espacio en el mercado.

**Desde su perspectiva, ¿cuáles son los principales beneficios y aspectos negativos de las proteínas alternativas para el medio ambiente y la sociedad o para la salud?**

Como beneficio para el medio ambiente podríamos destacar el uso eficiente de los recursos, dado que, entre otras cosas, en principio parece que se requiere menos superficie agrícola, agua y energía para la producción de este tipo de alimentos.

En cuanto a los beneficios para la salud, destacaría el perfil nutricional de los productos, ya que muchos de ellos son bajos en grasas saturadas y ricos en proteínas o fibra.

La cantidad de aditivos que muchos de estos alimentos contienen y el alto grado de procesamiento son factores negativos que pueden penalizar a estos productos, especialmente cuando el concepto «salud» está tan ligado a la categoría de los alimentos frescos.

**¿Qué avances recientes en la investigación de proteínas alternativas considera más significativos y por dónde estima que evolucionará la innovación en este sector?**

Desconozco los avances más recientes en materia de investigación de proteínas alternativas, pero la innovación en este sector debería dar respuesta a necesidades reales del mercado. Entender bien las tendencias y hábitos de



consumo es fundamental si queremos tener éxito en los nuevos lanzamientos. Esto incluiría tener en cuenta, además del tipo de producto, el formato, el modo de empleo y el precio, entre otras cosas.

**¿Qué retos o desafíos tecnológicos cree que enfrentan actualmente las proteínas alternativas para ser competitivas con respecto a las proteínas tradicionales? ¿Cuáles considera que son los avances tecnológicos más relevantes?**

Sin ser experto en este tipo de alimentos, considero que probablemente uno de los retos más importantes sea encontrar una tecnología y un proceso que permitan escalar las producciones de manera eficaz para poder obtener productos competitivos en el mercado. En los últimos años, ha habido grandes inversiones dentro del sector por parte de grandes compañías y fondos de inversión que están apostando por *startups*.

El futuro parece prometedor, pero también lleno de desafíos, sobre todo en términos de cambios culturales y regulación.

**¿Qué tipo de colaboraciones o alianzas considera esenciales para impulsar la innovación en el sector de las proteínas alternativas?**

El mayor reto del sector emergente de los nuevos alimentos es desarrollar productos que se puedan hacer un hueco de manera clara en el mercado. Según se calcula, el 80 % de las innovaciones alimentarias que salen al mercado no tienen éxito. Esto pone en evidencia la necesidad de acometer los desarrollos de una forma mucho más quirúrgica. Uno de los objetivos de las alianzas, por tanto, debería ser mejorar esta ratio de una manera clara. Para ello, sería necesario que las colaboraciones, independientemente de las em-

presas que estén implicadas, tuvieran una evidente orientación al mercado y facilitaran que los productos desarrollados respondieran de forma contundente a una necesidad existente del consumidor.

**¿Cuáles considera que son las oportunidades de mercado en el sector de las proteínas alternativas?**

El sector de las proteínas alternativas, como las vegetales, ha experimentado un crecimiento significativo en los últimos años, y actualmente existen varias oportunidades de mercado. Estas oportunidades vienen de la mano de los cambios de hábito de los consumidores, así como de los nuevos marcos legislativos.

Por un lado, existe una creciente sensibilidad hacia la salud por parte de los consumidores. Aunque dicho concepto es bastante amplio y está muy ligado a los productos frescos, las proteínas alternativas, sobre todo las de origen vegetal, están alineadas con muchas de las diferentes vertientes del concepto «salud». En este sentido, los consumidores buscan cada vez más productos que ofrezcan beneficios adicionales, como mejorar la salud digestiva o apoyar el sistema inmunológico. Los productos que integran estos beneficios pueden tener una ventaja competitiva. Por otro lado, está el asunto de la sostenibilidad. Si bien el consumidor demanda productos cada vez más sostenibles, los marcos legislativos están impulsando que los productos que salen al mercado cumplan cada vez con más criterios de sostenibilidad.

Asimismo, la conveniencia en los momentos de consumo es una tendencia que cada vez está adquiriendo más protagonismo. Las múltiples aplicaciones de las proteínas alternativas hacen que se puedan adaptar fácilmente a productos y formatos que cumplen esta característica, la cual va a ser diferencial a la hora de ser competitivos en el mercado.



### **Cómo percibe la aceptación del consumidor hacia las proteínas alternativas?**

Existen una creciente sensibilidad hacia la sostenibilidad y la salud por parte del consumidor, y las proteínas alternativas tienen la oportunidad de alinearse a la perfección con ese nicho. El consumidor quiere productos saludables, sostenibles, fáciles de consumir, organolépticamente buenos y a un precio asequible. Si el producto cumple con estos atributos, tendrá mucha probabilidad de éxito.

### **¿Cuáles cree que son las fortalezas y debilidades de la Comunidad de Madrid en su posicionamiento ante el sector emergente de los nuevos alimentos?**

El sector agroalimentario madrileño está experimentando una inercia muy positiva respecto a las colaboraciones que dan respuesta de manera eficiente a las necesidades comunes del sector. Claro ejemplo de ello es la creación del Clúster de Agroalimentación.

Las industrias y empresas más innovadoras necesitan, entre otras cosas, mercados dinámicos para poder introducir sus productos, y este sentido la comunidad de Madrid representa una oportunidad importante para los nuevos alimentos. Este mismo hecho puede suponer una desventaja al mismo tiempo, ya que los nuevos alimentos conviven en un mercado muy global donde hacerse un hueco puede ser complicado.



RESUMEN EJECUTIVO

INTRODUCCIÓN

PRINCIPALES CONCLUSIONES

TIPOLOGÍA DE NUEVOS ALIMENTOS

ESTADO DE MADURACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS

TAMAÑO DE MERCADO

1. Nuevos alimentos proteicos a partir de plantas
2. Nuevos alimentos proteicos basados en fermentación
3. Nuevos alimentos basados en carne cultivada
4. Nuevos alimentos basados en insectos
5. Proyectos de investigación
6. Valoración de los expertos

## 7. BIBLIOGRAFÍA

# 7. Bibliografía

1. Acosta, M. (2014). *Regulación y consumo de insectos en Europa: Caso de Bélgica*. Madrid: Editorial Alimentaria.
2. Álvarez, J. (2019). *Consumo de insectos en Japón: Tradiciones y adaptaciones modernas*. Kioto: Editorial Sostenible.
3. Azoff, M., Ford, E., Ignaszewski, E., Montes de Oca, C., y Voss, S. (2021). *Alternative seafood - 2021 Industry update*. <https://gfi.org/wp-content/uploads/2022/04/2021-Alternative-Seafood-Industry-Update.pdf>
4. Barbosa-Canovas, G. v., y Bermúdez-Aguirre, D. (2010). Novel Food Processing Technologies and Regulatory Hurdles. En *Ensuring Global Food Safety* (pp. 281-288). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374845-4.00016-3>
5. Battle, M., Carter, M., Colley Clarke, J., Eastham, L., Fathman, L., Gertner, D., Leet-Otley, T. (Dr.), Leman, A. (Dr.), y Swartz, E. (2024). *Fermentation: Meat, seafood, eggs, and dairy - 2023 state of the industry report*. <https://gfi.org/wp-content/uploads/2024/04/State-of-the-Industry-Report-Fermentation.pdf>
6. Battle, M., Pierce, B., Carter, M., Colley Clarke, J., Kroger, N., Leet-Otley, T. (Dr.), y Panescu, P. (2024). *Plant-based: meat, seafood, eggs, and dairy - 2023 state of the industry Report*. [https://gfi.org/wp-content/uploads/2024/04/2023\\_State-of-the-Industry-Report-Plant-based-meat-seafood-eggs-and-dairy.pdf](https://gfi.org/wp-content/uploads/2024/04/2023_State-of-the-Industry-Report-Plant-based-meat-seafood-eggs-and-dairy.pdf)
7. Behera, R., y Adhikary, L. (2023). Review on cultured meat: ethical alternative to animal industrial farming. En *Food Research*, 7(2), 42-51. Rynnye Lyan Resources. [https://doi.org/10.26656/fr.20177\(2\).772](https://doi.org/10.26656/fr.20177(2).772)
8. Benson, L. S., y Greene, J. L. (2023). *Cell-Cultivated Meat: An Overview*. <https://crsreports.congress.gov/product/pdf/R/R47697>
9. Brandon, A. M., Criddle, C. S., y Wu, W.-M. (2020). *Mealworms provide plastic solution*. *Stanford Report*. Retrieved from <https://news.stanford.edu/stories/2019/12/mealworms-provide-plastic-solution>
10. Brown, C., y Keenan, S. (2017). *A Guide to Vegan Cheese*. [https://www.vrg.org/journal/vj2017issue2/2017\\_issue2\\_vegan\\_cheese.php](https://www.vrg.org/journal/vj2017issue2/2017_issue2_vegan_cheese.php)
11. Bushnell, C. (ed.), Specht, L. (ed.), Almy, J. (ed.), Carter, M., Cohen, M., Eastham, L., Gertner, D., Ignaszewski, E., Leman, A. (Dr.), Murray, S., O'Donnell, M., Pierce, B., y Voss, S. (2022). *2022 Fermentation: Meat, Seafood, eggs, and dairy*. <https://gfi.org/resource/fermentation-state-of-the-industry-report/>
12. Camphuis, K., Holl, P., Koca, D., Smith, A., Sandell, M., Sozer, N., Spanou, S., Feveile Young, J., Tronsmo, K., Lampinen, M., Nordlund, E., y Ritala, A. (2023). *Accelerating protein diversification for Europe - An EIT Food Protein Diversification Think Tank Policy Brief*. <https://www.eitfood.eu/files/EIT-Food-PDTPolicy-Brief-Accelerating-Protein-Diversification-for-Europe.pdf>
13. Chieco, C., Morrone, L., Bertazza, G., Cappellozza, S., Saviane, A., Gai, F., Di Virgilio, N., y Rossi, F. (2019). The Effect of Strain and Rearing Medium on the Chemical Composition, Fatty Acid Profile and Carotenoid Content in Silkworm (*Bombyx mori*) Pupae. *Animals*, 9(3), 103. <https://www.mdpi.com/2076-2615/9/3/103>
14. Chini Zittelli, G., Mangini, S., Unamunzaga, C., Verdelho, V., y Cadoret, J. P. (2021). *Algae as Novel Food in Europe*. <https://www.eaba-association.org>
15. Chodkowska, K. A., Wódcz, K., y Wojciechowski, J. (2022). Sustainable Future Protein Foods: The Challenges and the Future of Cultivated Meat. En *Foods*, 11(24). MDPI. <https://doi.org/10.3390/foods11244008>
16. Clune, S., Crossin, E., y Verghese, K. (2017). Systematic Review of Greenhouse Gas Emissions for Different Fresh Food Categories. *J. Clean. Prod.*, 140: 766-783. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.04.082>
17. Cohen, M., Ignaszewski, E., Murray, S., O'Donnell, M., Swartz, E., Voss, S., y Weston, Z. (2022). *Cultivated meat and seafood - 2021 State of*



- the industry report. <https://gfi.org/wp-content/uploads/2022/04/2021-Cultivated-Meat-State-of-the-Industry-Report-1.pdf>
18. CSIRO (2021). *Edible insects. A roadmap for the strategic growth of an emerging Australian industry*. <https://research.csiro.au/edibleinsects/wp-content/uploads/sites/347/2021/04/CSIRO-Edible-Insect-Roadmap.pdf>
  19. Dall'Asta, C. (2022). Why «New» foods are safe and how they can be assessed. En *Novel Foods and Edible Insects in the European Union: An Interdisciplinary Analysis* (pp. 81-95). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-13494-4\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-031-13494-4_5)
  20. De Belvis, F. F., y Pettenò, E. (2022). *The Novel Food Market - Key Trends y Considerations*. <https://www.pwc.com/it/it/publications/assets/docs/pwc-the-novel-food-market.pdf>
  21. De Jong, B., y Nikolik, G. (2021). No Longer Crawling: Insect Protein to Come of Age in the 2020s. *Rabobank Research*. [https://insectfeed.nl/wp-content/uploads/2021/03/Rabobank\\_No-Longer-Crawling-Insect-Protein-to-Come-of-Age-in-the-2020s\\_Feb2021-1.pdf](https://insectfeed.nl/wp-content/uploads/2021/03/Rabobank_No-Longer-Crawling-Insect-Protein-to-Come-of-Age-in-the-2020s_Feb2021-1.pdf)
  22. DG Agriculture and Rural Development. (2021). *Eu Agricultural Outlook - For Markets, income and environment 2021-2031*. <https://doi.org/10.2762/753688>
  23. Duffield, K. R., Hunt, J., Sadd, B. M., Sakaluk, S. K., Oppert, B., Rosario, K., Behle, R. W., y Ramirez, J. L. (2021). Active and Covert Infections of Cricket Iridovirus and Acheta domesticus Densovirus in Reared Gryllobates sigillatus Crickets. *Front Microbiol.*, 30(12): 780796. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.780796>.
  24. Elhalis, H., See, X. Y., Osen, R., Chin, X. H., y Chow, Y. (2023). The potentials and challenges of using fermentation to improve the sensory quality of plant-based meat analogs. *Front Microbiol.*, 4(14): 1267227. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1267227>
  25. Engström (2020). *The big list of edible insect products*. <https://www.bugburger.se/guide/the-big-list-of-edible-insect-products/>
  26. FAO (2020). *El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2020. Superar los desafíos relacionados con el agua en la agricultura*. Roma. <https://doi.org/10.4060/cb1447es>
  27. FAO (2023). *Pathways towards lower emissions - A global assessment of the greenhouse gas emissions and mitigation options from livestock agrifood systems*. Roma. <https://doi.org/10.4060/cc9029en>
  28. Food Supplements Europe (2019). *Guidance for food business operators on the verification of the status of new food under the new Novel Foods Regulation (UE) 2015/2283 (NFR)*.
  29. Frezal, C. (2022). *Meat Alternatives - Opportunities and challenges for food systems' transformation*. <https://doi.org/10.1787/387d30cf-en>
  30. Gentside Espagne (2020). *Desarrollo de platos gourmet con insectos en la Universidad de Queensland*. Gentside España.
  31. Good Food Institute (2021). *2021 State of the Industry Report: Cultivated Meat and seafood*. <https://gfi.org/wp-content/uploads/2022/04/2021-Cultivated-Meat-State-of-the-Industry-Report-1.pdf>
  32. Good Food Institute (2022). *Fermentation: State of the Industry Report*. <https://gfi.org/wp-content/uploads/2023/01/2022-Fermentation-State-of-the-Industry-Report-1.pdf>
  33. Good Food Institute (2023). *2022 State of Industry report. Plant-based meat, seafood, eggs and dairy*. <https://gfi.org/wp-content/uploads/2024/04/2023-State-of-the-Industry-Report-Plant-based-meat-seafood-eggs-and-dairy.pdf>
  34. Good Food Institute (2023b). *2023 State of Industry report. Fermentation: Meat, seafood, eggs and dairy*
  35. Good Food Institute (2023c). *2021-2023 State of Industry report. Cultivated meat and seafood*. <https://gfi.org/wp-content/uploads/2024/04/2023-State-of-the-Industry-Report-Cultivated-meat-and-seafood.pdf>



36. Good Food Institute (2023d). *Cultivated meat industry landscape, 2023*. <https://gfi.org/resource/alternative-proteins-state-of-global-policy/>
37. Grimsby, S., y Gulbrandsen, M. (22 C. E.). *European novel food, patents and brokers of knowledge*.
38. Guadarrama, E., Spahic, A., Nosten, P., Alexandre, M., Faber, L., Schouteten, J., Rini, L., Bom Frøst, M., y De Steur, H. (2023). *Evolving appetites: an in-depth look at European attitudes towards plant-based eating*. [www.smartproteinproject.eu](http://www.smartproteinproject.eu)
39. Guadarrama, E., Spahic, A., Nosten, P., Machen, P., Larco Jiménez, V., y T. Fong, B. (2024). *Apetito en evolución: Investigación integral sobre la aceptación de la alimentación basada en plantas*. <https://plantbasednews.org/news/environment/spain-minister-less-meat-planet/>
40. Gyr, A. (2022). *Fermentation: Meat, seafood, eggs, and dairy - 2021 State of the industry report*. <https://gfi.org/resource/fermentation-state-of-the-industry-report/>
41. ICEX Spain Export and Investment (2022). *21 Foodtech in Spain: Moving Spanish Food System Forward*. <https://www.icex.es/content/dam/en/icex-foodswines/documents/events/foodtech/news/spain-foodtech-nation-2021-report-moving-spanish-food-system-forward/dax2022901409.pdf>
42. Ijaz Ahmad, M., Farooq, S., Alhamoud, Y., Li, C., Zhang, H. (2023). Soy Leghemoglobin: A review of its structure, production, safety aspects, and food applications. *Trends in Food Science y Technology*, 14. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.104199>
43. IPIFF (s. f.). *The European Insect Sector Today: Challenges, Opportunities and Regulatory Landscape*. [www.fao.org/news/](http://www.fao.org/news/)
44. Jetzke, T., Richter, S., Keppner, B., Domröse, L., Wunder, S., y Ferrari, A. (2022). *Focus on the future: Meat of the future - Trend report for assessing the environmental impacts of plant-based meat substitutes, edible insects and in vitro meat*. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen>
45. Kirthy Reddy, M., Narayanan, R., Rao, V. A., Valli, C., y Sujatha, G. (2022). College of Food and Dairy Technology, TANUVAS, Chennai (Tamil Nadu), India. 2 Department of Food Processing Technology. *Biological Forum-An International Journal*, 14(4), 1. [www.researchtrend.net](http://www.researchtrend.net)
46. Kumar P., Chatli M. K., Mehta N., Singh P., Malav O. P., y Verma A. K. (2017). Meat Analogues: Health Promising Sustainable Meat Substitutes. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 57, 923-932. <https://doi.org/10.1080/10408398.2014.939739>
47. Lagunes Martínez, G., y Bojnec, Š. (2017). *Novel Food Consumption*. <https://doi.org/10.26493/978-961-7023-09-1>
48. Lähteenmäki-Uutela, A., Rahikainen, M., Lonkila, A., y Yang, B. (2021). Alternative proteins and EU food law. *Food Control*, 130, 108336. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108336>
49. Li, X.-Y., Liu, Y.-C., Zhang, R.-S., Chen, D.-B., Chen, M.-M., Li, Y.-P., Liu, Y.-Q., y Qin, L. (2021). The mitochondrial genome of Qinghuang-1, the first modern improved strain of Chinese oak silkworm, *Antheraea pernyi* (Lepidoptera: Saturniidae). *Journal of Insects as Food and Feed*, 7(2): 233-244. <https://doi.org/10.3920/JIFF2020.0054>
50. Little Food (2020). *Economía circular y producción de insectos en Bruselas*. Bruselas: Little Food Publications.
51. Liu, C., Masri, J., Perez, V., Maya, C., y Zhao, J. (2020). Growth Performance and Nutrient Composition of Mealworms (*Tenebrio Molitor*). Fed on Fresh Plant Materials-Supplemented Diets. *Foods*, 9(2): 151. <https://doi.org/10.3390/foods9020151>
52. Mackenzie Battle, Bomkamp, C. (Dr.), Carter, M., Colley Clarke, J., Fathman, L., Gertner, D., Harsini, F. (Dr.), Leet-Otley, T., y Swartz, E. (Dr.). (2024). *Cultivated meat and seafood - 2023 state of the industry report*. <https://gfi.org/wp-content/uploads/2024/04/2023-State-of-the-Industry-Report-Cultivated-meat-and-seafood.pdf>
53. Malav, O. P., Talukder, S., Gokulakrishnan, P., y Chand, S. (2015). Meat Analog: A Review. *Crit. Rev. Food Sci.*



- Nutr.*, 55, 1241-1245. <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.689381>
54. Martins, B., Bister, A., Dohmen, R., Gouveia, M. A., Hueber, R., Melzener, L., Messmer, T., Papadopoulos, J., Pimenta, J., Raina, D., Schaeken, L., Shirley, S., Bouchet, B. P., y Flack, J. E. (2024). Advances and Challenges in Cell Biology for Cultured Meat. *Annual Review of Animal Biosciences*. <https://doi.org/10.1146/annurev-animal-021022-055132>
55. Mérieux NutriSciences (2021). *Novel Food: The entire value-chain in our labs*. [www.merieuxnutrisciences.com/eu](http://www.merieuxnutrisciences.com/eu)
56. Michel, F., Hartmann, C., Siegrist, M. (2021). Consumers' Associations, Perceptions and Acceptance of Meat and Plant-Based Meat Alternatives. *Food Qual. Prefer.*, 87, 104063. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2020.104063>
57. MMR (Maximize Market Research) (2023). *Edible Insects Market – Growth, Trends, COVID-19 Impact and Forecast (2024-2030)*. <https://www.maximize-marketresearch.com/market-report/global-edible-insects-market/99518/>
58. Nyakeri, E. M., Ogola, H. J. O., Ayieko, M. A., y Amimo, F. A. (2017). Valorisation of organic waste material: growth performance of wild black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) reared on different organic wastes. *Journal of Insects as Food and Feed*, 3(3), 193-202. <https://doi.org/10.3920/JIFF2017.0004>
59. Pérez de la Cruz, A. (2017). *Innovaciones en productos alimenticios a base de insectos en Alemania*. Berlín: Editorial Agroalimentaria.
60. Phua, S.-X., Yeo, J. Y., Heng, Z. S.-L., y Xing, Z. (2021). Method for zero-waste circular economy using worms for plastic agriculture: Augmenting polystyrene consumption and plant growth. *Methods and Protocols*, 4(2), 43. <https://doi.org/10.3390/mps4020043>
61. Pisanello, D., y Caruso, G. (s. f.). *Novel Foods in the European Union*. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-93620-8>
62. Ponce Reyes, R., y Lessard, B. (2021). Edible insects. A roadmap for the strategic growth of an emerging Australian industry. Australia: CSIRO. csiro: EP2024-1468. <http://hdl.handle.net/102.100.100/635329?index=1>
63. Protifarm (2020). *Innovación en la producción de alimentos a base de insectos: La granja vertical de escarabajos búfalo*. Ámsterdam: Protifarm Publications.
64. Reipurth, M. F. S., Hørby L., Gregersen, C. G., Bonke, A., y Perez Cueto, F. J. A. (2019). Barriers and Facilitators towards Adopting a More Plant-Based Diet in a Sample of Danish Consumers. *Food Qual. Prefer.*, 73, 288-292.
65. Rumpold, B. A., y Schlüter, O. K. (2013). Potential and Challenges of Insects as an Innovative Source for Food and Feed Production. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 17, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2012.11.005>
66. Schebeck, M., et al. (2022). Effect of Temperature and Photoperiod on Development, Survival, and Growth Rate of Mealworms, *Tenebrio molitor*. *Insects*, 13(4), 321. <https://doi.org/10.3390/insects13040321>
67. Schneider, T. (2021). *Bringing alternative protein products to the European Union market-the regulatory framework for novel foods*. <https://www.dentons.com>
68. Soret, S., Mejia, A., Batech, M., Jaceldo-Siegl, K., Harwatt, H., y Sabaté, J. (2014). Climate Change Mitigation and Health Effects of Varied Dietary Patterns in Real-Life Settings throughout North America. *Am. J. Clin. Nutr.*, 100, 490S-495S. <https://doi.org/10.3945/ajcn.113.071589>
69. Stankiewicz, D. (2014). *Novel foods*. <http://www.aptekarzypolski.pl>
70. Sun, W., Shahrajabian, M. H., Petropoulos, S. A., y Shahrajabian, N. (2023). Developing Sustainable Agriculture Systems in Medicinal and Aromatic Plant Production by Using Chitosan and Chitin-Based Biostimulants. *Plants*, 12(13), 2469. <https://doi.org/10.3390/plants12132469>
71. Tangyu, M., Muller, J., Bolten, C. J., y Wittmann, C. (2019). Fermentation of plant-based milk alter-



- natives for improved flavour and nutritional value. *Aplica. Microbiol. Biotecnología*, 103, 9263-9275. <https://doi.org/10.1007/s00253-019-10175-9>
72. The Good Food Institute Europe (2022). *Europe plant-based food retail market insights (2020-2022)*. [https://gfieurope.org/wp-content/uploads/2023/04/2020-2022-Europe-retail-market-insights\\_updated-1.pdf](https://gfieurope.org/wp-content/uploads/2023/04/2020-2022-Europe-retail-market-insights_updated-1.pdf)
73. The Good Food Institute Europe (2023). *Everything a journalist needs to know about cultivated meat*. <https://gfieurope.org/resource/journalist-handbook-cultivated-meat/>
74. The Parliamentary Office of Science and Technology (2015). *Novel Food Production*. [www.parliament.uk/post](http://www.parliament.uk/post)
75. Tomberlin, J. K., Picard, C. J., Jordan, H. R., Preyer, C., Warburton, C., Crowley, P., Zheng, R., Boulanger, F. X., Banks, I., Lefranc, M., Zorrilla, M. J., Olson, G., Aid, G., Fluker, D., Bench, B. J., Teo, M., Richards, C. S., Jones, C., Gonzalez, J., y Eljendy, M. (2022). Government and industry investment plays crucial role in further establishment, evolution, and diversification of insect agriculture: a case example from the United States. *Journal of Insects as Food and Feed*, 8(2), 109-112. <https://doi.org/10.3920/JIFF2022.x001>
76. Urralde, R., Gómez-Cifuentes, A., Pintos, B., Gómez-Garay, M. A., y Cifuentes, B. (2022). Bioactive compounds from plants. Development of new or novel food. *Nutricion Hospitalaria*, 39(Ext3), 8-11. <https://doi.org/10.20960/NH.04302>
77. Van Dijk, M., Morley, T., Rau, M. L., et al. (2021). A meta-analysis of projected global food demand and population at risk of hunger for the period 2010-2050. *Nat Food*, 2, 494-501. <https://doi.org/10.1038/s43016-021-00322-9>
78. Veldkamp, T., Van der Fels, H. J., Meijer, N. P., y Octavia, M. (2020). Introduction to the EU H2020 project SUSINCHAIN (SUStainable INsect CHAIN). *Journal of Insects as Food and Feed*, 6 (Supplement 1), S43-S43.
79. Venik, S. (2020). *Roadmap for Insect Industry in the Netherlands*. Dutch Ministry of Agriculture, Nature and Food Quality. <https://venik.nl/onewebmedia/Agenda%20development%20&%20innovation%20of%20Dutch%20insect%20chain.pdf>
80. Ververis, E., Ackerl, R., Azzollini, D., Colombo, P. A., De Sesmaisons, A., Dumas, C., Fernandez-Dumont, A., Ferreira da Costa, L., Germini, A., Goumperis, T., Kourloura, E., Matijevic, L., Precup, G., Roldan-Torres, R., Rossi, A., Svejstil, R., Turla, E., y Gelbmann, W. (2020). Novel foods in the European Union: Scientific requirements and challenges of the risk assessment process by the European Food Safety Authority. *Food Research International*, 137. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109515>
81. Witte, B., Obloj, P., Koktenturk, S., Morach, B., Brigl, M., Rogg, J., Schulze, U., Walker, D., Koeller, V., Dehnert, N., y Grosse-Holz, F. (2021). Food for Thought the Protein Transformation. *BCG Analysis & Blue horizon Consulting*. <https://www.bcg.com/publications/2021/the-benefits-of-plant-based-meats>
82. WWF (2021). *The future of feed: WWF's roadmap to accelerating insect protein in UK feeds*. WWF-UK. [https://www.wwf.org.uk/sites/default/files/2021-06/The\\_future\\_of\\_feed\\_July\\_2021.pdf](https://www.wwf.org.uk/sites/default/files/2021-06/The_future_of_feed_July_2021.pdf)
83. Zarbà, C., Chinnici, G., y D'Amico, M. (2020). Novel food: The impact of innovation on the paths of the traditional food chain. *Sustainability (Switzerland)*, 12(2). <https://doi.org/10.3390/su12020555>
84. Zhao, W., Wang, Y., Liu, C., et al. (2021). *Pediococcus pentosaceus*: Screening and Application as Probiotics in Food Processing. *Front Microbiol*, 13, 775885. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.762467>





# Fundación General CSIC

PATRONOS DE LA FGCSIC:

