



Facultad de Veterinaria
Universidad Zaragoza



Trabajo Fin de Grado en Ciencia y Tecnología de los Alimentos

Revisión bibliográfica sobre la carne de cultivo y estudio de su viabilidad
como posible sustituto de la carne tradicional

*Review on cultured meat and study of its viability as a possible substitute
for traditional meat*

Autora

CANDELARIA MARÍA ARÓSTEGUI BRACHT

Directores

JOSÉ ANTONIO BELTRÁN GRACIA

ADRIÁN HONRADO FRÍAS

Facultad de Veterinaria

2024

ÍNDICE

Resumen	4
1. Introducción	6
1.1. La carne como alimento	6
1.2. Producción y demanda de carne	6
1.3. Impacto medioambiental	9
1.3.1. Uso del agua	10
1.3.2. Calentamiento global	10
1.3.3. Degradación de los suelos	11
1.4. Carne de cultivo	11
2. Justificación y objetivos	14
3. Metodología	15
3.1. Búsqueda de información	15
3.1.1. Estrategia de búsqueda	15
3.1.2. Criterios de selección	16
3.2. Encuesta	16
3.2.1. Población y muestra	16
3.2.2. Instrumentos de recolección de datos	16
3.2.3. Procedimientos de análisis de datos	16
4. Resultados y discusión	17
4.1. Caracterización nutricional	17
4.2. Propiedades sensoriales	19
4.3. Seguridad alimentaria	21
4.4. Impacto ambiental	23
4.5. Aspectos económicos	25
4.6. Aceptación social	27
4.7. Encuesta	28
5. Conclusiones/ <i>Conclusions</i>	32

6. Valoración personal	33
7. Bibliografía	34
ANEXO A.....	39
ANEXO B.....	41

Resumen

La carne de cultivo es un alimento que se presenta como una alternativa más sostenible, segura y ética que la carne tradicional, por lo que este trabajo pretendió realizar una comparación entre ambos productos en distintas facetas para determinar su posible viabilidad como alternativa a la carne tradicional. Para ello, se analizan aspectos nutricionales, sensoriales, de seguridad alimentaria, de impacto medioambiental, económicos y sociales mediante una revisión bibliográfica y un estudio estadístico de una encuesta realizada. Los resultados mostraron que, en el ámbito nutricional, la carne de cultivo ha sido capaz de igualar a la carne tradicional, al contrario que en el ámbito sensorial, en el que aún no se ha conseguido imitar características como la textura o el color. Por otro lado, la mayoría de los peligros encontrados relacionados con su consumo pueden controlarse con protocolos y prerrequisitos ya existentes, pero se debe estudiar la aparición de nuevos peligros. En el estudio del impacto medioambiental no se ha llegado a una conclusión definitiva debido a la falta de datos actualizados que permitan realizar un análisis preciso, pero hay estudios que consideran que podría generar un mayor impacto que la ganadería. Pese a esto, otro aspecto importante es la aceptación del consumidor, por lo que se está estudiando su aprobación por parte de autoridades religiosas, y se debe invertir en la publicación de información accesible para el consumidor. Al analizar las opiniones obtenidas mediante la encuesta, se ha determinado que hay factores como el sexo y la edad que tienen una influencia significativa en la aceptación de este producto. En conclusión, aunque se ha avanzado mucho en los últimos años, aún queda un largo camino para que la carne de cultivo sea capaz de ocupar el lugar de la carne tradicional y sea aceptada por la sociedad.

Abstract

Cultured meat is a food that presents itself as a more sustainable, safe, and ethical alternative to traditional meat. Therefore, this work aimed to compare both products in various aspects to determine their potential viability as an alternative to traditional meat. For this purpose, nutritional, sensory, food safety, environmental impact, economic, and social aspects were analysed through a literature review and a statistical study of a conducted survey. The results showed that cultured meat has been able to match traditional meat in the nutritional realm, unlike in the sensory realm, where it has not yet succeeded in imitating characteristics such as texture or colour. On the other hand, most of the hazards associated with its consumption can be controlled with existing protocols and prerequisites, but the emergence of new hazards needs to be studied. In the environmental impact study, no definitive conclusion was reached due to the

lack of updated data that would allow for a precise analysis, but there are studies that consider it might generate a greater impact than livestock farming. Despite this, another important aspect is consumer acceptance, so its approval by religious authorities is being studied, and investment in the publication of accessible information for consumers is necessary. By analysing the opinions obtained through the survey, it was determined that factors such as gender and age have a significant influence on the acceptance of this product. In conclusion, although much progress has been made in recent years, there is still a long way to go for cultured meat to be able to replace traditional meat and be accepted by society.

1. Introducción

1.1. La carne como alimento

A lo largo de la historia, el consumo de carne ha desempeñado un papel fundamental en la evolución humana y en el desarrollo de las sociedades. Desde los inicios de la humanidad, la carne ha sido una fuente principal de alimento, proporcionando los nutrientes necesarios para el crecimiento, la salud y el desarrollo y, posteriormente, cumpliendo un papel esencial en la formación de las identidades culturales y sociales del ser humano (Ruxton y Gordon, 2024).

Su consumo ha sido motivo de innovación tecnológica y económica, y el aumento en la demanda ha impulsado avances en la agricultura, la ganadería y la industria alimentaria. En la actualidad, el consumo de carne continúa siendo una parte integral de la dieta y de la cultura humana en muchas partes del mundo, aunque ha surgido un debate sobre su impacto en la salud, el medio ambiente y el bienestar animal. A pesar de estos desafíos, la carne sigue siendo una fuente importante de proteínas y otros nutrientes esenciales para millones de personas en todo el mundo (Font-i-Furnols, 2023).

1.2. Producción y demanda de carne

La producción mundial cárnica presenta una tendencia ascendente, que se debe principalmente a dos razones: el aumento poblacional y el desarrollo de los países. En la actualidad, la población mundial ronda los 8.000 millones, pero se estima que para 2050 la población superará los 9.000 millones. La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) ha pronosticado que debido a este aumento será necesario aumentar en un 70% la producción de comida para satisfacer toda la demanda (Chriki y Hocquette, 2020).

Tal y como se puede observar en la Figura 1, este aumento es apreciable en el porcino, que ha tenido un aumento de 18,8 millones de toneladas, mientras que el vacuno solo ha crecido 1,6 millones de toneladas, y en el caso de la carne de ave se ha mantenido estable (Mercasa, 2023).

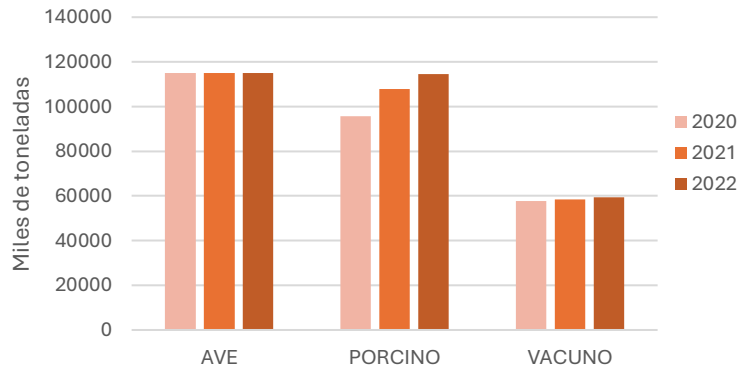


Figura 1: Producción mundial de carne por especie entre los años 2020 y 2022 (Mercasa, 2022a; Mercasa, 2022b; Mercasa, 2023).

Respecto al desarrollo de los países, este crecimiento (Figura 2) viene propiciado por el aumento de la prosperidad económica, puesto que conforme esta aumenta, también lo hace el consumo cárnico al buscar consumir productos más lujosos como la carne u otros productos animales. Algunos casos de esto son países como China, India o Rusia (Chriki y Hocquette, 2020).

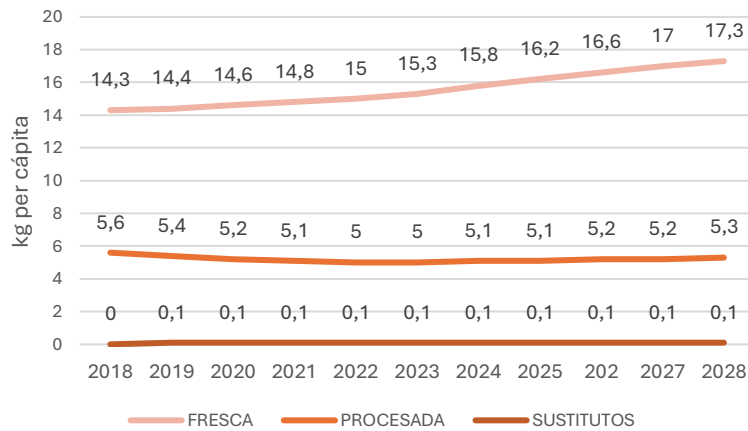


Figura 2: Consumo cárnico en kilos per cápita a nivel mundial, y estimación de consumo hasta el año 2028 (kilos) (Mercasa, 2023).

Pese a este aumento global, la tendencia ascendente no es representativa en todo el mundo, como se puede ver en la Figura 3, ya que los países con un desarrollo más avanzado presentan una evolución opuesta. En los países desarrollados la reducción en el consumo cárnico se debe a diversas razones, entre las que se encuentran la preocupación por el medioambiente, el bienestar animal, por razones de salud (control de peso y diabetes) y el gusto (Hagmann, Siegris & Hartmann, 2019).

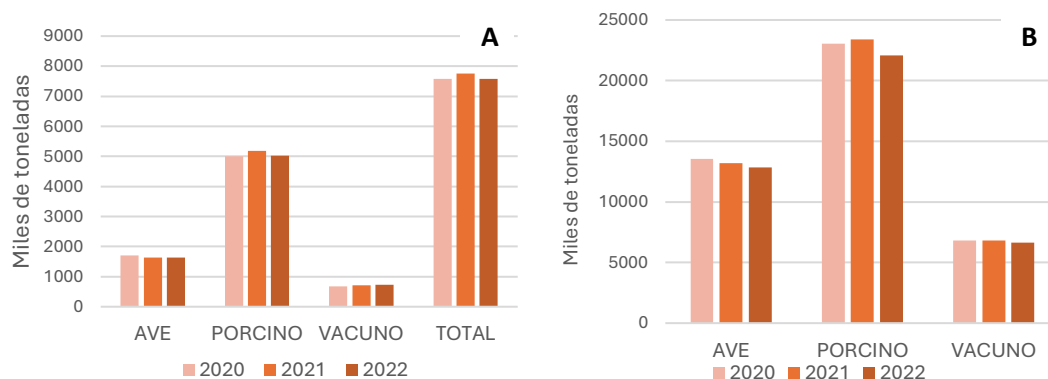


Figura 3: Producción cárnica a nivel nacional en España (A) y a nivel de la Unión Europea (B) entre 2020 y 2022 (Mercasa, 2022a; Mercasa, 2022b; Mercasa, 2023).

Dentro de España, todo esto se ve reflejado en los datos obtenidos en Mercasa (2023), donde la diferencia de consumo nacional se clasifica por edad y poder adquisitivo. El grupo con el menor consumo cárnico se encuentra comprendido entre los 15 y 24 años, y el rango con mayor consumo engloba entre los 50 y 59 años. Esta diferencia es atribuible al aumento de la concienciación sobre el medioambiente que se enseña en los colegios desde edades tempranas, dándole suficiente tiempo a los jóvenes para desarrollar una conciencia sobre temas como el calentamiento global y el cambio climático (Goyal et al., 2020). La evolución de su consumo se ve reflejada en la Figura 4.

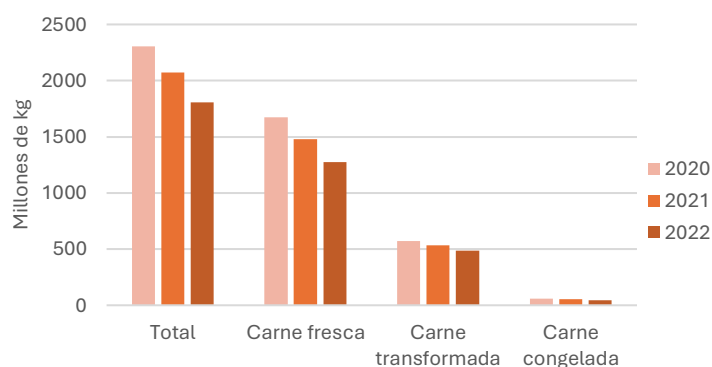


Figura 4: Consumo cárnico en hogares en España entre los años 2020 y 2022 (Mercasa, 2023).

A la hora de elegir el tipo de dieta hay que tener en consideración los riesgos y beneficios que conlleva tanto la adición de la carne en la dieta como su eliminación. La carne tiene un perfil nutricional (Tabla 1) rico en aminoácidos esenciales, ácidos grasos y micronutrientes. Entre estos nutrientes destacan la vitamina B12, hierro, zinc, selenio y ácidos grasos omega-3, todos los cuales tienen funciones cruciales en el cuerpo (Godfray et al., 2018). La presencia de hierro hemo en la carne ayuda a una absorción eficiente del hierro, favorece la producción de glóbulos rojos y previene la anemia ferropénica. Además, el contenido de proteínas de la carne contribuye a la sensación de saciedad, ayudando a controlar el apetito (Ruxton y Gordon, 2024).

Tabla 1: Composición nutricional por 100 g (crudos) de cortes típicos de carnes rojas magras de vacuno, cerdo, cordero e Ingestas Nutricionales de Referencia (INR) (Ruxton y Gordon, 2024).

	Vacuno	Cerdo	Cordero	INR
Energía (kJ)	540	485	640	8400
Proteína (g)	23	22	20	50
Grasa (g)	4,3	3,1	8	70
Grasa saturada (g)	1,7	1	3,5	20
Grasa poliinsaturada (g)	0,23	0,5	0,45	-
Hierro (mg)	2,7	0,8	1,4	14
Zinc (mg)	4,1	2,1	3,3	10
Selenio (µg)	7	18	4	55
Vitamina B12 (µg)	2	0,5	2	2,5

Pese a lo anterior, la carne es un alimento controvertido debido al impacto de su producción y a los riesgos que supone en la salud del consumidor, como el aumento en el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares, cáncer colorectal y diabetes de tipo 2 (Ruxton y Gordon, 2024). Por otro lado, al eliminar la carne de la dieta aumenta el consumo de vegetales, legumbres, frutas, frutos secos, semillas y cereales integrales, que ha sido asociado con una mayor ingesta de fibra, mejor salud cardiovascular y reducción de cánceres digestivos. Este resultado puede verse afectado por una correlación de estas dietas con mejores hábitos saludables, como son un menor consumo de alcohol o menor sedentarismo (Ruxton y Gordon, 2024). Al igual que en la dieta que incluye carne, este tipo de dieta trae consigo otros riesgos, como la reducción de macro y micronutrientes, como proteínas, vitamina B₁₂, hierro y zinc, siendo necesario el uso de suplementos. Al disminuir el consumo proteico y la calidad de su composición pueden aparecer problemas para preservar la masa muscular, que es importante para reducir el riesgo de sarcopenia y fragilidad en etapas posteriores. Otro de los riesgos es la reducción en la ingesta de calcio, siendo la dieta más deficiente la vegana, pero también es apreciable en la vegetariana y pescetariana indiferentemente de la cantidad de calcio y de proteínas totales en la dieta (Ruxton y Gordon, 2024).

1.3. Impacto medioambiental

El cambio climático se define como un cambio duradero en las temperaturas y patrones climáticos que tiene impactos transfronterizos, refiriéndose a que sus efectos ocurren lejos del lugar de su impacto inicial. Entre sus consecuencias se encuentran fenómenos como el deshielo de glaciares, alteraciones en el nivel del mar y ocurrencias de sequías, entre otras. Estos efectos, a su vez, tienen un impacto en la salud humana y la biodiversidad, así como en los sectores comerciales y financieros (Díaz Baca et al., 2024).

Pese a que durante miles de años la ganadería ha cumplido un papel esencial en el desarrollo de la economía humana, al aumentar la demanda de alimentos por un incremento de la población, este impacto se ha hecho cada vez más notable. Este sector tiene una influencia considerable en prácticamente todas las esferas del medio ambiente, entre ellas el aire, el suelo, el agua y la biodiversidad. Este impacto puede presentarse tanto de forma directa como indirecta, pero su huella ecológica es en gran parte responsable de la crisis climática que vivimos (Esteche et al., 2021). Entre sus impactos globales destacan los siguientes:

1.3.1. Uso del agua

La mayoría de las cuantificaciones de consumo de agua en ganadería están basadas en el método de evaluación de la huella hídrica (WFA). Este método engloba la cuantificación de tres tipos de agua específicos: verde (volumen del agua de lluvia almacenada en el suelo), azul (volumen total de agua superficial y subterránea consumida), y gris (volumen de agua dulce necesaria para asimilar la carga de contaminantes que resultan del sistema productivo) que representan el total de agua directa e indirecta (es decir, agua virtual) usada para generar un producto (Menendez III et al., 2023).

La huella hídrica media a nivel mundial de la carne bovina es de 15.700 l/kg, de la que el 94% del agua que se emplea se considera agua verde. Esta cantidad depende en gran medida del sistema de producción de la carne, y de la composición y el origen del alimento utilizado durante su crianza. Entre los distintos sistemas, el pastoreo es preferible frente a los sistemas de producción industrial en relación con el uso de los recursos hídricos (Esteche et al., 2021).

1.3.2. Calentamiento global

Este fenómeno es reconocido como un desastre a nivel mundial, evidenciándose con el aumento de 1°C de la temperatura global desde el inicio de la Revolución Industrial. El metano entérico es el principal contribuidor del calentamiento global (83%), seguido por las emisiones de gases de efecto invernadero (GHG) provenientes del estiércol (13%) (Costantini et al., 2021). Los principales GHG responsables de este proceso son el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄) y el óxido nitroso (N₂O), y sus unidades se expresan como kilogramos de dióxido de carbono equivalente por cada kilogramo de peso vivo (kg CO₂ eq/kg LW). Estos compuestos presentan un potencial de calentamiento global (GWP) de 1 por cada kg de CO₂, 34 por cada kg de CH₄, y 298 por cada kg de N₂O (suponiendo un horizonte temporal de 100 años) (Arrieta et al., 2020).

1.3.3. Degradación de los suelos

El suelo es uno de los recursos más preciados del planeta para el ser humano, tratándose de un ecosistema dinámico y complejo compuesto por numerosas especies y materia orgánica e inorgánica. Al aumentar la demanda de productos agrícolas, en parte para satisfacer las necesidades de materias primas para alimentar al ganado, se fomenta la transformación de pastizales y bosques en campos de cultivo. Por esto, las causas principales de la erosión del suelo son la deforestación, las prácticas agrícolas intensivas y el sobrepastoreo, que además de erosionar el suelo lo compactan, destruyen su estructura, degradan sus nutrientes y alteran su salinidad (Esteche et al., 2021).

Como alternativa frente a este aumento del consumo y creciente preocupación por el impacto medioambiental que conlleva la ingente producción ganadera, se presenta como posible alternativa la carne de cultivo.

1.4. Carne de cultivo

Este nuevo alimento se introdujo en 2013 con la empresa Mosa Meat, pero desde ese momento ha evolucionado considerablemente. La carne de cultivo es un alimento que engloba distintos productos, pudiendo definirla como un producto que contiene como ingrediente células animales obtenidas mediante multiplicación fuera del animal. Además de este ingrediente principal, se pueden adicionar derivados de plantas, algas, bacterias u hongos para aumentar su volumen, así como otros ingredientes sintéticos tales como aglutinantes, saborizantes o colorantes para mejorar las cualidades sensoriales del producto final (Olenic y Thorrez, 2023). Su aspecto es similar al de la carne picada, y se emplea para la elaboración de alimentos como salchichas, hamburguesas, *nuggets*... (Olenic y Thorrez, 2023).

El proceso de producción de la carne de cultivo se divide en 4 partes: selección del donante y toma de la muestra, aislamiento celular, cultivo celular y estructuración celular. La selección del donante es el aspecto más fundamental del proceso de producción, que involucran consideraciones como la raza, el sexo y la edad del animal y la parte específica del cuerpo de donde provienen las células. Una vez seleccionada la raza de ganado, el siguiente paso consiste en seleccionar factores como el sexo, la edad y partes específicas del animal. Esta decisión viene dictada por la calidad de las células satélite del tejido muscular recolectado, que se determina evaluando factores como su rendimiento y capacidad de diferenciación. La evaluación se realiza para seleccionar el tejido más adecuado para el cultivo de carne (Kang, Lee y Kim, 2024).

Se pueden obtener pequeñas muestras de tejido tomando una biopsia de animales vivos o sacrificados, después de lo cual se puede aislar o reprogramar el tipo de célula deseado para el

cultivo *in vitro*. Es importante que, antes de realizar las biopsias, se confirme el estado de salud del animal (FAO y OMS, 2023).

Las células utilizadas para la producción de alimentos a base de células pueden ser, por ejemplo, células madre embrionarias (células pluripotentes que se encuentran dentro de los blastocistos y tienen una capacidad ilimitada de autorrenovación y la capacidad de diferenciarse en cualquier tipo de célula somática), células madre pluripotentes inducidas (derivan de células somáticas adultas reprogramadas y han recuperado su capacidad de diferenciarse en cualquier tipo de célula que se encuentre en el cuerpo), células madre mesenquimales o células madre adultas (como las células miosatélites) (FAO y OMS, 2023). Determinar la calidad de las células satélite es crucial porque desempeñan un papel fundamental en la regeneración del tejido muscular dañado por una lesión, lo que las convierte en el factor más crítico en el proceso de selección celular (Kang, Lee y Kim, 2024).

La separación celular es el proceso mediante el cual las células satélite se aíslan eficazmente del tejido muscular (que comprende varios tipos de células, incluidas fibras musculares y células madre), que garantiza que sólo se obtengan células satélite del tejido. Normalmente, después de la separación inicial mediante disociación física y química, la separación secundaria se realiza mediante métodos como filtración y centrifugación, centrifugación en gradiente de densidad y separación celular basada en las reacciones antígeno-anticuerpo de marcadores de superficie. Dos métodos de separación celular comúnmente utilizados son la clasificación de células activadas por fluorescencia (FACS) y la clasificación de células activadas magnéticamente (MACS) (Kang, Lee y Kim, 2024).

El cultivo celular implica principalmente el uso de métodos de proliferación para aumentar el número de células seleccionadas. Se utilizan diversas sustancias, como medio de cultivo basal, suero, factores de crecimiento y antibióticos, para proporcionar las condiciones necesarias para la regeneración y maduración celular durante este proceso (Kang, Lee y Kim, 2024). El medio de cultivo más conocido contiene suero bovino fetal (FBS), que se produce a partir de la sangre de un ternero sacrificado, pero se han desarrollado sustitutos como la utilización de microalgas (Mewery, 2024).

En la estructuración celular, el objetivo principal es estabilizar la diferenciación de las células musculares, también llamada hipertrofia posterior, que es la mezcla de estímulos bioquímicos y mecánicos. Es necesaria una estructura de andamio para organizar las células cultivadas en tejidos. Para reproducir todas las características importantes de la carne convencional, el conjunto de requisitos para los biomateriales utilizados para producir carne cultivada es muy

específico. El material debe ser comestible, sostenible, ampliamente disponible, libre de animales, no tóxico, barato, procesable e idealmente no tener ningún sabor o sólo tener un sabor suave (Kang, Lee y Kim, 2024).

Una vez que las células han alcanzado su densidad máxima durante la proliferación y se han diferenciado en el tipo de célula deseado, se recolectan de una manera que mantenga la integridad de la célula/tejido y evite la contaminación microbiana. Las células pueden recolectarse usando técnicas de sedimentación, centrifugación o filtración, y cuando las células se cultivaron en estructuras de andamio que no son comestibles ni biodegradables, primero deben dissociarse del andamio antes de continuar con su procesamiento, que puede realizarse mediante métodos enzimáticos, químicos o mecánicos (FAO y OMS, 2023).

Las células/tejidos recolectados se procesan y formulan en un tipo específico de producto alimenticio a base de células para su comercialización. En la mayoría de los casos, esto implica la adición de otros ingredientes alimentarios para darle sabor y, en algunos casos puede implicar la adición de conservantes. También se pueden combinar diferentes tipos de células para replicar la estructura y textura de la carne convencional, o con componentes de origen vegetal para producir productos mezclados. Las técnicas más comunes para lograr estructura y textura en productos alimenticios a base de células incluyen la tecnología de células de corte, la extrusión o la impresión 3D, según el tipo de producto final deseado (FAO y OMS, 2023).

En cuanto a la legislación pertinente sobre la regulación de este producto, aún no se ha desarrollado en la mayoría de los países, pero hay algunos pocos que han desarrollado autorizaciones o prohibiciones. Entre los países que han aprobado su producción y comercialización se encuentran Estados Unidos, Israel y Singapur (FAO y OMS, 2023).

El primer país en obtener autorización para la carne de cultivo fue Singapur en 2020, donde se autorizó para la comercialización de carne de pollo. Siguiendo a este, en 2023 se aprobó también la carne de pollo de cultivo en Estados Unidos, pero varios de sus estados están desarrollando leyes propias para regularlo. En el caso de Virginia Occidental y Texas se han tomado medidas para garantizar la transparencia en el etiquetado, mientras que en Florida y Alabama se busca prohibir la producción y venta de proteínas de cultivo (Eurocarne, 2024). En 2024 se concedió la primera autorización para vender carne de vacuno de cultivo. Esta tuvo lugar en Israel, donde se autorizó a la empresa Aleph Farms (Gascon, 2024).

Dentro del ámbito de la Unión Europea se debe obtener previamente una autorización según indica el Reglamento (UE) 2015/2283 relativo a los nuevos alimentos, ya que se ve incluido en la definición de “alimento que consista en un cultivo de células o en un cultivo de tejido, derivado

de animales, plantas, microorganismos, hongos o algas, o aislado de este o producido a partir de este”. Esto no ha impedido que algunos países como Italia aprueben legislación para prohibir la producción y comercialización de alimentos o piensos producidos a partir de células de cultivo o que las contengan dentro del territorio nacional, así como la denominación de “carne” en productos elaborados que contengan proteína vegetal (Agrodigital, 2024). Siguiendo a Italia, Francia también ha presentado un proyecto de ley para la prohibición de este producto propiciado por la preocupación por la calidad y seguridad alimentaria, así como por el riesgo económico que supone al ser el primer exportador europeo de carne de vacuno (Alimarket, 2023).

Pese a la visión negativa que están apareciendo de los países a esta nueva iniciativa de producto, hay numerosas empresas que están desarrollando productos. En España destacan “BioTech Foods” o “Coccus”, pero también hay otras como “Bruno Cell” en Italia, “Mosa Meat” en Países Bajos, o “Aleph Farms” en Israel.

2. Justificación y objetivos

Frente a la creciente preocupación y alarma por el cambio climático, el aumento de la concienciación acerca del impacto de la dieta en la salud, el auge de incidentes de contaminaciones en alimentos, y el descontento por la falta de bienestar animal dentro de la cadena alimentaria, la población ha comenzado a buscar nuevas opciones de alimentación. La carne de cultivo es una alternativa cárnica que cuenta con el potencial de reducir la huella de carbono que produce la ganadería en el planeta, así como asegurar el bienestar animal, reducir el impacto negativo de la dieta en la salud humana, y aumentar la seguridad en los alimentos.

El objetivo general del presente trabajo consistió en la búsqueda exhaustiva de información sobre la carne de cultivo *in vitro* en la literatura científica, y en recopilación de datos mediante una encuesta, de consumo cárnico y de opinión sobre este producto. Con ello, se pretendió determinar su posible viabilidad como producto de consumo en el hogar. Para abordar este trabajo, se plantearon los siguientes objetivos específicos:

- Caracterizar la carne de cultivo según sus propiedades sensoriales y nutricionales.
- Analizar el proceso de producción de este producto y su impacto en la seguridad alimentaria, medio ambiente y precio.
- Identificar las condiciones que influyen en la toma de decisiones de las personas en relación a la carne cultivada.
- Determinar la aceptabilidad de este producto entre los encuestados y sus causas.

3. Metodología

Para la realización de este TFG se llevó a cabo primero una búsqueda, de manera exhaustiva en la literatura científica, sobre la carne de cultivo *in vitro*, incidiendo en su producción general, características sensoriales, comparación con la carne tradicional, contaminación producida y la opinión de la población sobre ella. Tras esto, se diseñó un cuestionario para recabar información con la que obtener conclusiones sobre la aceptabilidad de este producto.

3.1. Búsqueda de información

3.1.1. Estrategia de búsqueda

El presente trabajo se realizó siguiendo una metodología sistemática. En primer lugar, se establecieron los criterios de selección tales como el rango temporal, el idioma y las palabras clave consideradas óptimas para la obtención de la información esperada.

Además, se filtraron los artículos según fueran de revisión o de investigación. Los artículos se obtuvieron a través de las siguientes bases de datos o buscadores:

- Google Académico (Google Scholar). Disponible en: <https://scholar.google.es/>.
- Buscador Alcorze. Disponible en: <https://biblioteca.unizar.es>
- Dialnet. Disponible en: <https://dialnet-unirioja-es.cuarzo.unizar.es:9443>
- Web Of Science (WOS). Disponible en: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/basic-search>
- Scopus. Disponible en: <https://www.scopus.com/home.uri>
- También se obtuvo información de diferentes páginas webs de empresas productoras de carne de cultivo, como son Mewery o Mossa Meat, entre otras.
- Se recopilaron noticias de prensa para saber sobre la actualidad de este producto en distintos países.

El rango temporal seleccionado comprendió desde el año 2018 hasta el año 2024, dado que es un producto bastante novedoso y se puede encontrar mucha información reciente debido a su continua investigación.

Las palabras clave introducidas en las bases de datos fueron las siguientes: “*cultured meat*”, “*cultivated meat*”, “*cell*”, “*novel food*”, “*attitude*”, “*consumer*”, “*acceptance*”, “*sensory*”, “*environment*”, “*halal*”, “*nutritional*”, “*Life Cycle Assessment*” y “*safety*”. Se buscó información tanto en castellano como en inglés, priorizando los resultados encontrados en inglés.

3.1.2. Criterios de selección

Al introducir los parámetros de búsqueda se obtuvo un total de 17.163 artículos, de los cuales posteriormente se escogieron 55 a partir del título. Una vez seleccionados los 55 artículos se llevó a cabo una lectura de los resúmenes, con el objetivo de descartar aquellos que fuesen demasiado específicos o trataran de temas que no se incluyen en este trabajo. De esta manera se obtuvieron finalmente 48 artículos. Además de artículos científicos, también se utilizaron noticias e informes.

3.2. Encuesta

3.2.1. Población y muestra

Los participantes que se consideraron en el presente estudio fueron personas consumidoras de carne, con una edad mínima de 18 años y residentes en España o en Argentina. Se procuró encontrar un equilibrio de los participantes con relación a sus características sociodemográficas para así lograr la mayor representatividad de la muestra.

3.2.2. Instrumentos de recolección de datos

Se diseñó un cuestionario en formato digital (formulario de Google) basado en preguntas. La encuesta estuvo accesible para su realización entre los meses de marzo y abril de 2024. Constaba de 13 preguntas, clasificadas en tres grupos (La encuesta completa puede consultarse en el [Anexo A](#)):

1. Información sociodemográfica: a los encuestados se les preguntó acerca de su sexo, edad, nacionalidad y frecuencia de consumo semanal de carne.
2. Información acerca sus costumbres en el consumo de carne: ¿Qué carnes consumes habitualmente? / ¿En qué se basa la elección de una u otra carne? / ¿Cuál ha sido tu tendencia en el consumo de carne durante el último año?
3. Información acerca sus conocimientos sobre la carne de cultivo: ¿Sabes qué es la carne de cultivo? / En caso afirmativo, ¿consideras la carne de cultivo una alternativa viable? / ¿Crees que pueden existir problemas derivados de su consumo? ¿Cuales? / Si su consumo estuviera aprobado, ¿la consumirías? / ¿Si tuvieras que reducir el consumo de carne, qué alternativa tomarías?

3.2.3. Procedimientos de análisis de datos

Los datos recopilados en el cuestionario fueron sometidos a un estudio estadístico mediante el uso del programa XLSTAT®. La información sociodemográfica fue analizada mediante una

Clasificación Ascendente Jerárquica (CAJ), que permitió construir cuatro grupos de individuos similares (clases) según las variables que los describían. Con el resto de los datos se realizó un análisis de normalidad (Shapiro Wilk) para comprobar la normalidad de los datos. Verificado que los datos no seguían una distribución normal se procedió al análisis de los datos mediante pruebas no paramétricas:

1. Tablas de contingencia: permiten visualizar la relación entre 2 variables cualitativas categorizadas. Se usó además el estadístico Chi Cuadrado de Pearson, para probar la independencia entre filas (variables cualitativas) y columnas (respuesta). Estas pruebas permitieron saber si una variable depende de otra, es decir, si una variable (en este caso una pregunta) depende de la clase o variable sociodemográfica.
2. Kruskal-Wallis: permitió saber si hay diferencias significativas en las respuestas dadas por parte de los participantes. Es una prueba no paramétrica, que permite saber si k muestras independientes provienen de una misma población. Se estudió en este caso si las puntuaciones dependen de las clases obtenidas en la jerarquización. Es decir, se establecieron diferencias entre clases. Se aplicó la prueba de comparaciones múltiples de Steel-Dwass-Critchlow-Fligner. En los casos en los que solo existieron dos muestras (por ejemplo, cuando se buscaron diferencias entre la variable sexo y no entre las clases) se realizó la prueba U de Mann-Whitney.

4. Resultados y discusión

4.1. Caracterización nutricional

La carne, que acumula compuestos de almacenamiento en los músculos de los animales, es un alimento nutricionalmente denso y rico en proteínas de alta calidad, así como en una amplia gama de vitaminas y minerales (Singh et al., 2022). Además, su sangre tiene una abundante cantidad de varios nutrientes, particularmente de calcio, hierro, magnesio, potasio y sodio (Lee et al., 2022). Por tanto, consumir carne no sólo aporta nutrientes esenciales de forma directa, sino que también incluye minerales a través de la sangre (Kang, Lee y Kim, 2024).

Uno de los avances de este producto es que su contenido nutricional puede modificarse durante su producción (Jin y Bao, 2024). La calidad nutricional de la carne de cultivo se ve influenciada por el animal del que se toman las células, el medio de cultivo, el suero, los factores de crecimiento y otros nutrientes empleados en el cultivo celular, por lo que el mismo suero puede dar lugar a alimentos con distinta composición y cantidad (Kang, Lee y Kim, 2024).

Hasta la fecha de este estudio realizado por Broucke et al. (2023) no se ha cuantificado el contenido proteico de la carne de cultivo, pero en base a observaciones morfológicas hay indicadores de que los métodos de cultivo de la carne presentan los mismos rangos de proteínas citoesqueléticas que la carne tradicional, por lo que las investigaciones actuales se centran en optimizar el contenido de nutrientes del medio de cultivo para promover el desarrollo de células con un mayor contenido de proteína. Dejando de lado el contenido proteico, se han visto enormes diferencias entre los dos tipos de carne con respecto al contenido de los otros nutrientes (Kang, Lee y Kim, 2024).

El tipo y contenido de grasa en las células de cultivo puede ajustarse de acuerdo con las preferencias del fabricante o el uso planteado, y, al igual que las células musculares, estas pueden someterse a un proceso de diferenciación separado durante el cultivo (Fish et al., 2020). Gracias a esto es posible desarrollar productos más saludables mediante el ajuste del contenido de ácidos grasos esenciales, ácidos grasos poliinsaturados y las grasas trans y, por tanto, del aporte calórico (Fraeye et al., 2020).

Además de ajustar el contenido graso, podría ser necesario suplementar minerales (hierro, zinc, selenio...) y vitaminas (B₁₂) al medio de cultivo, puesto que las células musculares de cultivo no son capaces de sintetizarlas por sí mismas (Broucke et al., 2023).

Por lo tanto, la carne de cultivo mantiene la calidad nutricional de la carne convencional, y puede incluso tener un mayor contenido en nutrientes como ácidos esenciales y ácidos grasos que pueden faltar en la carne tradicional (Kang, Lee y Kim, 2024).

Para estudiar las diferencias nutricionales entre los dos productos disponibles en el mercado se empleó la información disponible en la página web de GOOD Meat acerca de su producto de pollo desmenuzado, y la de un pollo desmenuzado de la marca Hacendado. Los resultados se ven representados en la Tabla 2. La lista de ingredientes del pollo de GOOD Meat se compone de: pollo de cultivo (agua, proteína de trigo, proteína de soja concentrada, aceites de girasol y de coco, células de pollo cultivadas (3%), saborizantes naturales, almidón alimentario modificado, sal y lecitina de soja), aceite de oliva, sal y pimienta, mientras que el pollo desmenuzado de la marca Hacendado se compone de pollo y sal. Al comparar estos dos productos no se consiguió sacar ninguna conclusión, puesto que el pollo de GOOD Meat cuenta con un contenido de células de cultivo demasiado bajo para tener influencia en el contenido nutricional del producto.

Tabla 2: Comparación nutricional entre GOOD Meat 3 de la marca GOOD Meat, y pollo desmenuzado de la marca Hacendado (GOOD Meat, 2024; Mercadona, 2024).

	GOOD Meat	Hacendado
Calorías	180 kcal	134 kcal
Grasa total	6g	1,4g
Saturadas	2g	0,4g
Colesterol	120 mg	-
Sodio	400 mg	550 mg
Carbohidratos totales	6 g	< 0,5g
Azúcares	0g	< 0,5g
Fibra alimentaria	2 g	<1g
Proteína	28 g	30,4 g

4.2. Propiedades sensoriales

El sabor, la textura y el olor son cualidades intrínsecas que constituyen la importancia de la carne, desempeñando un papel fundamental en las elecciones de los consumidores a la hora de comprar y consumir un producto (Rombach et al., 2022). Se considera que estas propiedades tienen un mayor impacto que el precio, la conveniencia o las propiedades saludables, puesto que, si son deficientes, el producto es rápidamente rechazado (Pakseresht, Kaliji y Canavari, 2022).

El color de un alimento es uno de los primeros aspectos en los que tiene en cuenta el consumidor, por lo que es determinante para su compra. El color rojo propio de la carne está principalmente determinado por la presencia de mioglobina y su nivel de oxidación, pudiendo sufrir cambios al oxidarse o reducirse el hierro del complejo (Fraeye et al., 2020). Al haber una falta de mioglobina en la carne de cultivo, su color es casi inexistente (Broucke et al., 2023), haciendo necesaria la aplicación de tecnologías durante el cultivo celular o en etapas posteriores para conseguir asemejar su aspecto a la carne tradicional (Mariano et al., 2024).

Frente a este problema se han presentado distintas soluciones: modificar los niveles mioglobina (ya sea mediante la reducción del oxígeno, la adición de hierro, o la adición directa de mioglobina al medio), añadir un colorante, como puede ser la remolacha roja (Fraeye et al., 2020), o a través de ingeniería genética en cultivos celulares para la expresión endógena de carotenoides no nativos en células animales (Mariano et al., 2024).

Tanto la adición de mioglobina como de colorantes plantean nuevos problemas, como la dificultad para su obtención o las alteraciones que produce en otros aspectos del producto (Broucke et al., 2023). En cambio, la aplicación de ingeniería genética ha mostrado resultados favorables en varios estudios, pero debido a que la tecnología de la carne de cultivo aún está en sus comienzos, las empresas y académicos no divulgan información específica sobre el desarrollo de color a causa de la patentabilidad de la tecnología y confidencialidad (Mariano et al., 2024).

Las últimas investigaciones sobre propiedades texturales han expuesto atributos de estructura y textura subóptimos en carne de cultivo procesada (Starowicz, Poznar y Zieliński, 2022), pero junto con otros artículos publicados permitieron sacar conclusiones sobre los factores que afectan a la textura de la carne de cultivo. Además de las características de las células de cultivo, los aditivos y estructuras utilizados también tienen efectos en el producto final (Kang, Lee y Kim, 2024). Entre las distintas estructuras de andamio, aquellas que imitan la textura estriada parecida a la arquitectura muscular promueven en mayor medida la formación de miotubos (Tomiya et al., 2020), y respecto a su origen, se sugiere que las de origen animal imitan más fielmente la textura tradicional de la carne en comparación con las estructuras de origen vegetal (Levi et al., 2022).

Paredes et al. (2022) realizaron un estudio comparativo donde se analizaban diferentes muestras cárnicas para medir parámetros como la cohesión, masticabilidad, resiliencia, elasticidad, dureza y el módulo de Young, y así compararlos con los resultados obtenidos de una muestra de carne de cultivo, que resultaron ser bastante similares. Esto demostró el potencial de la carne de cultivo para la elaboración de productos cárnicos, a diferencia de aquellos que tienen una estructura similar a la de la carne fresca, que han recibido evaluaciones más bajas por parte de los consumidores al compararlos con la carne tradicional (Kim et al., 2022).

A la hora de replicar el sabor y aroma particular de la carne, se debe comprender primero qué factores le afectan y en qué medida, para así poder imitarlo en el mayor grado posible. Se trata seguramente de los atributos más complicados de replicar, ya que influyen más de 1000 compuestos hidrosolubles y liposolubles que le dan el aroma característico a la carne (Broucke et al., 2023). Además, los productos de la oxidación lipídica de la carne interactúan con los de la reacción de Maillard, creando un perfil de sabor complejo que contribuye al color y sabor de la carne (Chen et al., 2022). De esta manera, para poder replicar este sabor en la carne de cultivo, primero se debe comprender en qué medida el producto puede imitar el sabor de las grasas (Kang, Lee y Kim, 2024).

También se ha publicado un modelo para modificar el sabor de la carne cultivada a través del nivel de grasa depositado entre las células musculares, lo que se consigue mediante la alteración de la composición de las células generadas durante el cultivo (Jin y Bao, 2024). Empleando este método, los investigadores serían capaces de producir carne cultivada en laboratorio personalizada al gusto de cada individuo, pero combinar y cultivar las diferentes células no es una tarea fácil a día de hoy.

En un estudio comparativo realizado por Joo et al. (2022) donde se utilizó una nariz electrónica para analizar las diferencias entre la carne tradicional y la cultivada, se observó una superioridad en la carne convencional en términos de sabor como el umami. En cambio, en otro estudio llevado a cabo con anterioridad por Rolland, Markus y Post (2020) donde contrastaban muestras de hamburguesas mediante una evaluación sensorial, el resultado fue ligeramente favorable para la carne de cultivo, lo que fue atribuido al nivel de maduración de la carne.

La carne de cultivo tiene un gran potencial para imitar a la carne tradicional en el ámbito nutricional y sensorial, pero falta información actualizada. Hasta que no se publiquen los avances más recientes no será posible realizar una comparación adecuada para cuantificar su similitud.

4.3. Seguridad alimentaria

Según la memoria de los Informes del Sistema Coordinado de Intercambio de Información (SCIRI) (AESAN, 2023), en el 2022 se tramitaron 617 notificaciones alimentarias en España, de las cuales 235 fueron de origen animal, siendo 141 de naturaleza biológica (60%), 64 de peligros químicos (27%) y 9 de ellos peligros físicos (4%); además de 21 notificaciones por otros peligros (9%). Dentro de este total, 72 casos correspondían a alimentos cárnicos o sus derivados. De todas las existentes, las toxiinfecciones con más casos anuales son causadas por las bacterias *Campylobacter jejuni*, *Salmonella spp.*, *Yersinia spp.*, *Escherichia coli* y *Listeria spp.*, tal y como se observa en la Tabla 3.

Tabla 3: Casos de toxiinfecciones en España en el año 2018 y 2022. STEC: *Escherichia coli* productor de toxina Shiga (RENAVE, 2020; RENAVE, 2023a; RENAVE, 2023b; RENAVE, 2023c; RENAVE, 2023d; RENAVE, 2023e).

	Patógenos	Casos España 2018	Casos España 2022
Bacterias	<i>Campylobacter spp.</i>	19.132	20.817
	<i>Salmonella spp.</i>	8.872	8.777
	<i>Yersinia spp.</i>	564	1015
	<i>Escherichia coli</i>	126 (STEC)	633 (STEC)
	<i>Listeria spp.</i>	433	460

Partiendo de la problemática comentada, la carne de cultivo se plantea como un producto que permite un aumento en la seguridad alimentaria debido al estricto control durante su procesado, por lo que es importante invertir en su estudio para descubrir todas sus ventajas (Treich, 2021).

A pesar de las aparentes ventajas de la carne de cultivo, la novedad que supone el proceso de producción de los alimentos basados en células despierta preocupación entre los nutricionistas, tecnólogos de los alimentos, autoridades competentes y consumidores (FAO y OMS, 2023), por lo que garantizar la seguridad alimentaria es un paso fundamental para su comercialización y aceptación pública. En este sentido, ya se pueden encontrar algunos estudios como los

realizados por Broucke et al. (2023), o el de Gu, Li y Chan (2023), en los que se discuten los posibles peligros y medidas a tomar.

Buscando también poder llevar a cabo un análisis integral de peligros para la seguridad alimentaria de manera completa, la FAO y la Organización Mundial de la Salud (OMS) (2023) realizaron un estudio exhaustivo de todos los peligros potenciales presentes en cada etapa, que recogieron posteriormente en una lista conjunta. En este se determinó que la mayoría de los peligros que afectan a la carne de cultivo eran conocidos y estaban presentes en alimentos tradicionales, pero otros eran nuevos, y se ven representados en el [Anexo B](#) (FAO y OMS, 2023).

Para los peligros presentes en alimentos tradicionales, la aplicación de programas de prerrequisitos ya existentes, como las buenas prácticas de fabricación e higiene (BPF), así como sistemas de gestión de la seguridad alimentaria, como es el análisis de peligros y puntos de control críticos (APPCC), se mostraron como medidas suficientes para garantizar la seguridad alimentaria de los alimentos a base de células (Ong et al., 2023). Además, al tener un proceso de producción en un entorno con parámetros preestablecidos y en el que se puede llevar un control de manera constante, la carne de cultivo presentaría una reducción en el riesgo de transmitir enfermedades o producir epidemias, además de reducir el uso inadecuado de antibióticos, pudiéndose usar benzoato de sodio en cantidades moderadas como medida preventiva para conservar la carne y evitar gérmenes (Islam et al., 2023).

Los peligros que introduce la carne de cultivo tienen su origen en el uso de nuevos ingredientes, materiales y estructuras, así como en los cambios que puedan sufrir al emplear nuevas técnicas que no se habían contemplado con anterioridad, pero, pese a su novedad, se ha considerado que, al igual que en las problemáticas anteriores, la aplicación de medidas de prevención y control ya existentes son suficientes para manejar estos peligros (FAO y OMS, 2023).

Un problema concreto que es interesante resaltar es, una vez controlada su estabilidad genética, la presencia de alérgenos que puedan verse introducidos en el alimento durante su producción (FAO y OMS, 2023) o por la utilización de ingredientes añadidos para mejorar sus propiedades organolépticas. Un ejemplo de esto sería el pollo de GOOD Meat que, entre sus ingredientes, contiene trigo y soja, dos alérgenos muy comunes que afectan a una porción considerable de la población (GOOD Meat, 2024).

Otro peligro de gran importancia que no entra dentro de su producción es el daño que su consumo pueda generar en el organismo. Para estudiar esto sería necesario realizar pruebas cinéticas (absorción, distribución, metabolismo y excreción), así como un estudio de su genotoxicidad y citotoxicidad (Gu, Li y Chan, 2023).

4.4. Impacto ambiental

Una de las razones principales para el desarrollo y producción de este alimento es la reducción del impacto medioambiental comparado con la producción cárnica tradicional.

Según la página de Mewery (2024), empresa productora de carne de cultivo de porcino, la producción de carne de cultivo presenta un 92% menos de generación de CO₂ (0,98 kg CO₂/kg de carne frente a 12,31 kg CO₂/kg en carne tradicional). Además de esto, utiliza un 95% menos de superficie, un 78% menos de consumo de agua y reduce el tiempo de producción de 6-7 meses a 6-7 semanas.

En un estudio sobre la aplicación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en la producción de la carne de cultivo (Nobre, 2022), en el ámbito ambiental se vieron involucrados los objetivos 2, 6, 7, 11, 12, 13, 14 y 15, existiendo una mayor sinergia con los ODS 6, 12, 13, 14 y 15. El cumplimiento de estos objetivos se consigue gracias a la reducción en las emisiones de gases de efecto invernadero, del uso del terreno, el uso del agua, y del uso de la energía, además de la preservación de la biodiversidad. El desafío de la producción de carne de cultivo está asociado al uso de energía debido a que, al tener un mayor requerimiento energético, se deberían buscar fuentes renovables para reducir el impacto en el medioambiente (Nobre, 2022).

Una manera de medir este impacto ambiental es la evaluación del ciclo de vida (LCA), que es el análisis sistemático de los posibles impactos ambientales de los productos o servicios durante todas las etapas de su ciclo de vida.

A lo largo de los últimos años se han publicado varios estudios que realizaban un LCA de la carne de cultivo. Uno de esos estudios (Rodríguez Escobar et al., 2021) presenta mayor relevancia por su recopilación de información que por su posterior desarrollo de un LCA, ya que fue realizado de manera incompleta. En este artículo, el LCA de la carne de cultivo mostraba resultados favorables respecto al LCA de la carne tradicional, indicando que su producción tenía un menor impacto medioambiental. Kim et al. (2022) realizaron una evaluación ambiental del ciclo de vida de hamburguesas elaboradas con carne cultivada y con carne tradicional, obteniendo que el hamburguesa de carne cultivada generaba un 87 % menos de emisiones, requería un 39 % menos de energía y un 96 % menos de agua que la hamburguesa de carne de vacuno.

De manera más reciente se ha publicado otro LCA con datos más precisos que contradice a los anteriores. Según el estudio realizado por Risner et al. (2023) en la Universidad de California, el problema de los estudios previos del LCA de este producto ha sido que la información empleada para calcularlo no estaba actualizada debido a la falta de publicaciones, de manera que no era posible representar el estado actual del sector de la tecnología alimentaria. Pese a la falta de

datos, se repitió este análisis con información más actualizada para poder hacerse una idea más precisa del impacto del producto. Los resultados obtenidos con este último estudio se representan en la Figura 5, y muestran que, lejos de coincidir con los estudios anteriores, el LCA de la carne de cultivo tuvo un mayor impacto en el medioambiente que el de la carne tradicional. Existe una fuerte dependencia de los resultados obtenidos en el LCA con el tipo de energía usada y, por lo tanto, los posibles beneficios medioambientales dependen de si se utilizan o no fuentes de energía renovables (De Oliveira Padilha, Malek y Umberger, 2022). Además, se debe tener en cuenta que los valores utilizados para dicha comparación suponían el valor mínimo de producción, puesto que no se incluyeron los gastos energéticos de las etapas de manejo posterior al cultivo, almacenamiento ni transporte, que también suponen un gasto.

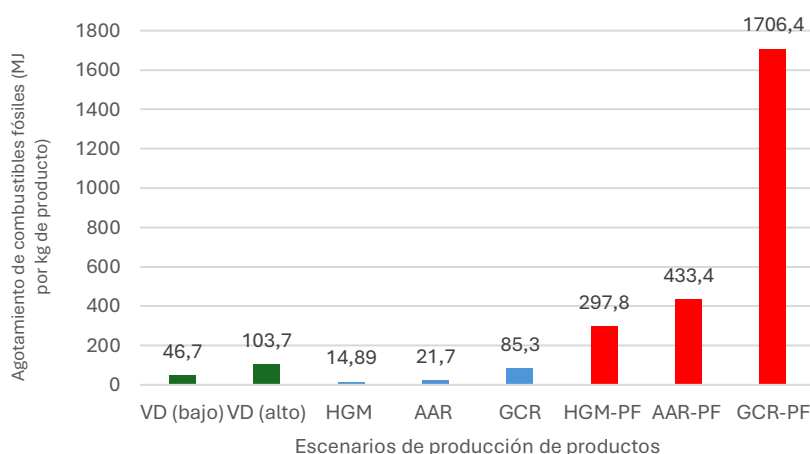


Figura 5: Agotamiento de combustibles fósiles en cada escenario de producción de ACBM en comparación con la carne de vacuno deshuesada. VD: Vacuno deshuesado; HGM: Escenario de medio de crecimiento de Humbird; AAR: Requerimiento de aminoácidos; GCR: Tasa de consumo de glucosa; -PF: Factor de purificación. El color verde hace referencia a carne de vacuno, el color azul a escenarios con componentes no purificados, y el color rojo a escenarios con componentes purificados (Risner et al., 2023).

La huella de carbono de la carne de cultivo alcanzó un rango de 19,2 a 1.508 kg CO₂ eq, superando la mínima reportada para la carne de vacuno de 9,6 kg CO₂ eq. Estos cálculos se basan en que las células cultivadas aún no se han purificado para eliminar las endotoxinas o lipopolisacáridos (Risner et al., 2023).

En el caso de que ya se haya purificado, su huella de carbono oscila entre 246 y 1.508 kg CO₂ eq por kilogramo producido, que supera entre 4 y 25 veces a la huella de carbono global promedio de la carne de vacuno (60 kg CO₂ eq/kg), entre 100 y 750 veces a la del pollo (2 kg CO₂ eq/kg), y entre 55 y 350 veces a la carne de cerdo (4,5 kg CO₂ eq/kg) (Risner et al., 2023).

Pese a que para este estudio se emplearon datos más actualizados, aún hay mucha información sobre la carne de cultivo pendiente de publicar, por lo que no será posible realizar un LCA de manera adecuada hasta que se encuentre disponible toda la información necesaria.

Otro aspecto que no se ha considerado a la hora de calcular la viabilidad de este alimento es el acceso a la energía necesaria para su producción, ya que, aunque disminuye el uso de tierra, agua y tiempo de producción, supone un consumo eléctrico constante. Europa acaba de salir de una crisis energética. ¿Es buena idea ampliar la escala de producción de carne de cultivo sin antes asegurar una fuente de energía suficiente para abastecer su producción?

4.5. Aspectos económicos

Desde el punto de vista económico, la carne de cultivo siempre ha tenido un mayor coste que la carne tradicional por el gasto que conllevan sus materias primas y su producción, pero se han ido desarrollando nuevos métodos para conseguir un menor coste de producción y así poder igualar o al menos acercar lo máximo posible estos precios a los de la carne tradicional. En 2013 el precio de una hamburguesa hecha por Mosa Meat (Maastricht, Países Bajos) rondaba los 250.000 € (300.000 \$), y tras numerosos avances y mejoras, en 2020 la misma empresa sugería que en 2021 esa misma hamburguesa tendría un precio de 8,42 € (9 \$), que, aunque supone una gran reducción, sigue sin ser un precio competitivo (Chriki y Hocquette, 2020).

En un estudio realizado por Garrison, Biermacher y Brorsen (2022) se llevó a cabo un análisis económico con el fin de calcular si la producción de carne de cultivo a gran escala sería rentable económicamente utilizando como referencia la información publicada y a líderes de la industria. Sus resultados sugirieron que la producción de carne de cultivo a mayor escala tendría un coste de aproximadamente 60 € (63 \$) siempre y cuando se consiguiera desarrollar la tecnología para producir las hormonas empleadas en el medio de cultivo a menor coste y aumentar la eficiencia de este medio. Según estos valores, un kilo de esta carne se podría encontrar en el mercado o en restaurantes a 93,6 € (100 \$), que sigue siendo un precio que poca gente estaría dispuesta a pagar.

Hoy en día, gracias a los nuevos avances en la tecnología se pueden encontrar productos con carne de cultivo a la venta a precios mucho más competitivos de lo que se estimaba, pero solo en aquellos países donde la legislación permite su comercialización.

El único producto disponible encontrado para la venta al por menor cuya composición incluye carne de cultivo es el GOOD Meat 3 de la empresa GOOD Meat, que se encuentra disponible en Huber's Butchery, una tienda especializada en la venta de carne en Singapur. Se trata de un envase de 120 gramos de pollo en tiras congelado que tiene en su composición un 3% de carne de cultivo, como se ha comentado previamente en el apartado de composición nutricional (GOOD Meat, 2024). En el catálogo online de Huber's Butchery no aparecen resultados al buscar el producto, pero en la web de GOOD Meat (2024) aparece reflejado su precio, que es el que se

utilizó para la realización del estudio de mercado reflejado en la Tabla 4. Para reducir el sesgo de precios que pueda haber por la localización, se comparó también el precio de la pechuga de pollo entre ambos países y se realizó una corrección, de la misma manera que se seleccionaron productos con presentaciones similares, pero no idénticas.

Tabla 4: Estudio de mercado de distintos pollos de un supermercado de Singapur, pollos de un supermercado de España, y el pollo de cultivo de la marca GOOD Meat (GOOD Meat, 2024; Fair Price, 2024a; Fair Price, 2024b; Mercadona, 2024; Open Food Facts, 2021).

	GOOD Meat 3	Pollo cortado y congelado	Pechuga de pollo entera congelada	Pollo desmenuzado	Pechuga de pollo entera congeladas
País	Singapur	Singapur	Singapur	España	España
Tienda	Huber's Butchery	Fair Price	Fair Price	Mercadona	Mercadona
Cantidad (g)	120	300	1000	300	1000
Precio (€)	4,96	2,92	8,71	4,35	5,65
€/kg	41,32	9,74	8,71	14,50	5,65

A partir de estos datos, se calcula que el precio de la pechuga congelada de pollo es un 35,13% más cara en Singapur que en España, y en el caso del pollo cortado congelado la diferencia se invierte, siendo un 48,87% más caro en España. Esta diferencia podría justificarse debido a que los productos no tienen las mismas características, siendo el pollo de España precocinado y el de Singapur crudo.

Aunque se considerase el aumento de precio que hay entre las pechugas de pollo, al calcular la reducción al valor del pollo de cultivo aplicándole esta proporción, quedaría un precio de 26,80€/kg, que sigue siendo un valor alto para el mercado español, sobre todo teniendo en cuenta que este producto solo contiene un 3% de carne de pollo de cultivo, y que es posible encontrar alternativas vegetales mucho más asequibles.

La producción de carne de cultivo podría suponer un avance positivo en la economía ya que cumpliría con los ODS 4, 8, 9 y 3, se crearían nuevas empresas, y se favorecería la estabilidad económica al reducirse las pandemias de origen alimentario y el gasto en salud pública. Sin embargo, también es necesario tener en cuenta el impacto que tendría este producto en la economía global, sobre todo en los países cuya industria depende principalmente de la ganadería (Da Silva y Conte-Junior, 2024), ya que se puede producir una contracción económica y desempleo (por lo menos a corto plazo) en naciones menos desarrolladas con una agricultura y ganadería intensivas (Nobre, 2022).

Dejando de lado el posible impacto negativo en la industria ganadera, también se debe tener en cuenta el movimiento económico que suponen estas empresas. En 2023 las empresas de carne y pescado de cultivo recaudaron 225,9 millones de dólares, acumulando así 3.100 millones desde

2013. Si bien la cantidad recaudada en 2023 supuso una disminución considerable con respecto a los 922,3 millones de dólares recaudados en 2022, esto refleja el tibio entorno de financiación privada en general. Hasta ahora, el único aporte de dinero para las empresas productoras de carne de cultivo provenía de las inversiones o subvenciones, pero conforme los países vayan revisando las autorizaciones para la venta de los productos a partir de carne de cultivo, las empresas empezarán a obtener beneficios (GFI, 2024).

4.6. Aceptación social

A la hora de determinar la aceptación social de este alimento se decidió estudiar los factores que podrían causar rechazo en el consumidor, y centrarse específicamente en dos: religiosos (halal y kosher) y en la percepción del producto.

Para ciertas religiones, como el islam o el judaísmo, los alimentos deben llevar un certificado que asegure que dichos productos cumplen con los requisitos establecidos dentro de sus leyes religiosas y que, por tanto, son aptos para ser consumidos. Entre estos certificados se encuentran los alimentos “Halal”, que cumplen con las leyes de la religión islámica, y los alimentos “Kosher”, que cumplen las leyes dietéticas judías (Hossain et al., 2020).

Al ser la carne de cultivo un alimento con características que no se contemplan dentro de sus leyes, deben ser las autoridades religiosas las que determinen si el producto es apto para el consumo. Para ambas certificaciones se debe llevar a cabo un sacrificio característico, lo que plantea un problema para la carne de cultivo al obtenerse de animales vivos (Kenigsberg y Zivotofsky, 2020).

Pese a que el debate sobre la aceptación de este alimento por parte de las autoridades religiosas aún no ha llegado a un consenso global, se han planteado teorías. Un ejemplo es la decisión de la Organización de Rabinos de Tzohar, que ha declarado que los productos cárnicos a base de células de cultivo derivados de células madre embrionarias tomadas de blastocitos bovinos serían considerados *Parve*, un término utilizado para referirse a un alimento que no pertenece ni a la carne ni a los lácteos y, por tanto, podrían comerse junto con productos lácteos (FAO y OMS, 2023). Para evitar confusión con las carnes obtenidas por el rito kosher, en la venta el producto debe ir acompañado de un identificativo de producto alternativo a la carne (Eurocarne, 2023).

En el estudio de Siddiqui et al. (2022) se realizaron encuestas en China e India, y se encontró que los consumidores socialmente conservadores expresaron reacciones negativas hacia la carne cultivada y algunas comunidades religiosas, como los hindúes, consideraban el vegetarianismo

superior frente al consumo de carne. Por el contrario, hay estudios como el de Terano et al. (2023) donde se concluyó que cerca de la mitad de los individuos encuestados estarían dispuestos a aceptar la carne de cultivo como alternativa a la tradicional en el futuro.

En cualquier caso, los consumidores pertenecientes a las religiones judía y musulmana opinaron que pese a estar dispuestos a consumir cualquier producto animal a base de células de cultivo, antes deberá obtener la autorización por parte de sus autoridades religiosas (Ho, Ou y Vijayan, 2023) (Kenigsberg y Zivotofsky, 2020) (Terano et al., 2023).

Para analizar la percepción del producto por parte de los consumidores se llevó a cabo un análisis de distintos estudios para entender los factores que afectaban a la aceptación o rechazo de la carne de cultivo. Se encontraron resultados positivos al considerar la reducción en el sufrimiento animal (Valente et al., 2019) o al tener en cuenta la reducción del impacto medioambiental (Heijnk, Espey y Schuenemann, 2023), pero otros seguían teniendo dudas que impedían su aceptación. Algunos consumidores afirmaban sentir cierta ansiedad frente a la novedad de esta tecnología y el posible desconocimiento de ciertos aspectos del proceso que podrían traer consecuencias negativas no previstas tanto para ellos como para el planeta (Bryant y Barnett, 2020), y en otros casos se asociaba este producto con algo antinatural, artificial o asqueroso (Vural, Ferriday y Rogers, 2023).

4.7. Encuesta

En la encuesta diseñada para la elaboración de este estudio se obtuvieron 380 respuestas iniciales. Como para la selección de datos se utilizó como criterios de inclusión el consumo cárnico, el número final de encuestados cuyos datos se incluirían en el estudio fue de 364. Además, las preguntas 1 y 2 del apartado 4 de la encuesta solo se tuvieron en consideración para el análisis si la respuesta a la pregunta del apartado anterior sobre conocimiento previo era afirmativa (preguntas condicionadas). Una vez conseguido este número se realizó una depuración de los datos y posteriormente una Clasificación Ascendente Jerárquica (CAJ) para agrupar los resultados en clases similares. Se obtuvieron un total de 4 clases. Las características sociodemográficas predominantes en cada clase se ven representadas en la Tabla 5.

Tabla 5: Clasificación de la población encuestada en clases según la Clasificación Ascendente Jerárquica (CAJ).

Clase	Sexo	Edad	Nacionalidad	Frecuencia consumo semanal
I	H	56-65	Española	3-4
II	M	46-55	Argentina	3-4
III	H	18-25	Española	5-6
IV	M	36-45	Argentina	3-4

Se comenzó estudiando la dependencia de las clases con las especies cárnicas consumidas (prueba chi cuadrado). Esta dependencia únicamente fue encontrada en la carne de vacuno, porcino y aves de corral ($p > 0,0001$; $p = 0,000$ y $p < 0,004$ respectivamente). Por ello, se realizó la prueba de Kruskal-Wallis, en busca de establecer diferencias entre las clases (Figura 6).

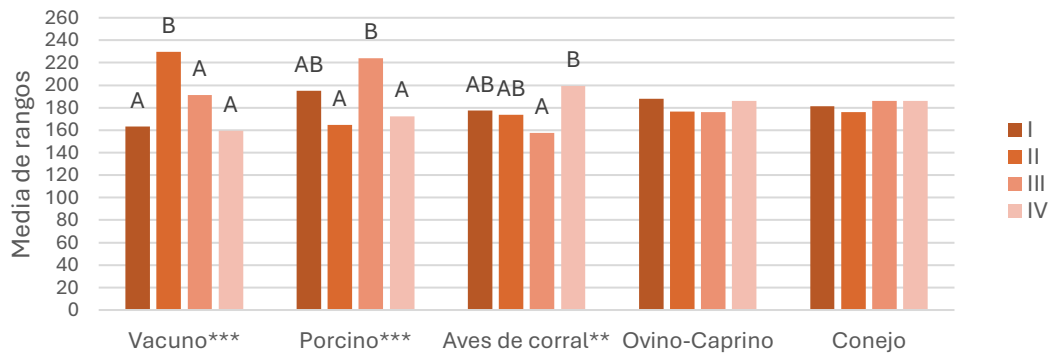


Figura 6: Preferencia de especie cárnica consumida por las distintas clases según los resultados obtenidos en la encuesta. Las letras representan diferencias estadísticamente significativas entre clases para una misma especie cárnica. * = $P < 0,05$; ** = $P < 0,01$; *** = $P < 0,001$.

En el caso del vacuno, se pudo observar un consumo mayor en la clase II, mientras que en el porcino ocurrió en la clase III, que se diferenció significativamente de las clases II y IV y en el caso de las aves de corral, la clase con mayor consumo fue la IV, diferenciándose únicamente de la III.

Con relación a los factores que condicionan la elección para el consumo, tras realizar el análisis chi cuadrado se concluyó que solo 2 factores presentaron dependencia con la clase: el aspecto económico y la disponibilidad del producto ($p < 0,0001$). Una vez conocido esto se realizó la prueba de Kruskal-Wallis. En la Figura 7 se puede apreciar que en las clases I y IV el factor económico resultó menos importante, diferenciándose estadísticamente de las clases II y III. La clase IV es la que menor importancia le dio a la disponibilidad del producto, mientras que la II y la III presentan los valores más altos ($p < 0,0001$). La clase I siguió una tendencia intermedia entre las anteriores.

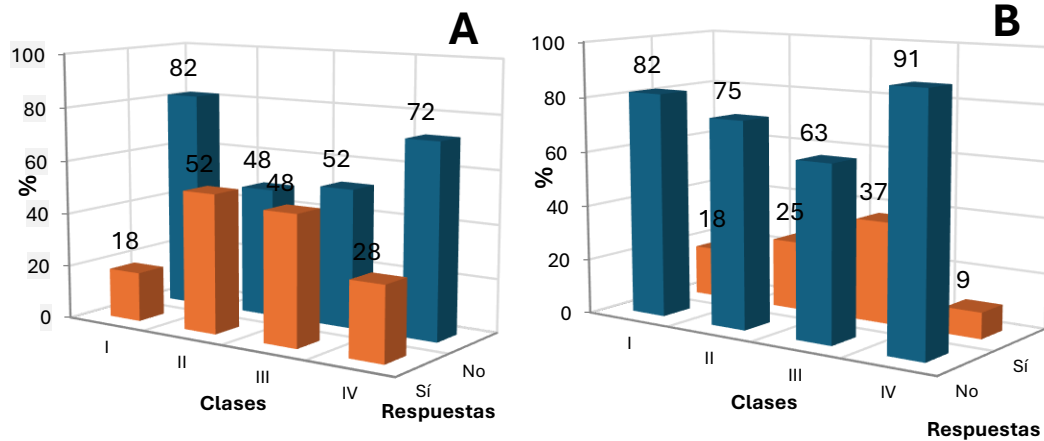


Figura 7. Distribución porcentual de respuestas para las distintas clases y las variables económico (A) y disponibilidad de producto (B).

En la evolución del consumo representada en la Figura 8, todas las clases presentaron una estructura similar, con una mayor porción de la población que mantuvo su consumo estable, seguido por otra porción algo más pequeña que disminuyó su consumo, y una pequeña parte que lo aumentó. La única clase que presentó una distribución diferente fue la III, que tuvo una proporción ligeramente menor de población que ha disminuido su consumo cárnico.

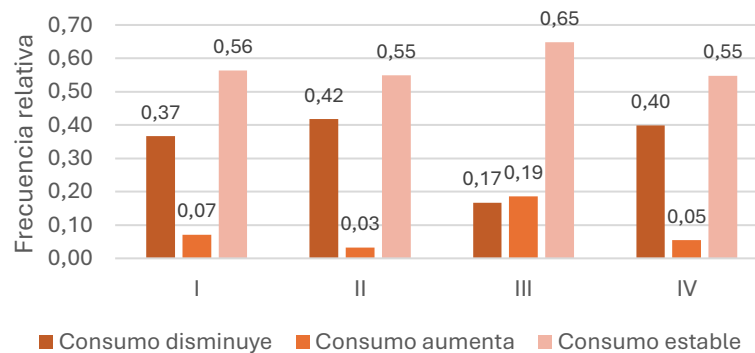


Figura 8: Evolución del consumo cárnico organizado por clases.

Para la pregunta de conocimiento sobre la carne de cultivo, no se obtuvo dependencia entre esta y las clases y por tanto se buscó esta dependencia con las variables sociodemográficas, siendo el sexo la única dependiente ($p < 0,001$). Tras ello, se realizó la prueba de Mann-Whitney, que confirmó las diferencias significativas, siendo menor el grado de conocimiento en las mujeres.

En referencia a las preguntas condicionadas, tampoco se encontró dependencia con las clases. Con relación a si se trata de una alternativa viable sí se encontró dependencia con la edad (Figura 9): la población joven lo considera como una alternativa viable en mayor proporción ($p = 0,042$). En cuanto a la pregunta de posibles problemas derivados de su consumo, se encontró dependencia con el sexo ($p < 0,027$). En los hombres se encontró mayor porcentaje de respuestas afirmativas: 92% de los hombre frente al 71% de las mujeres.

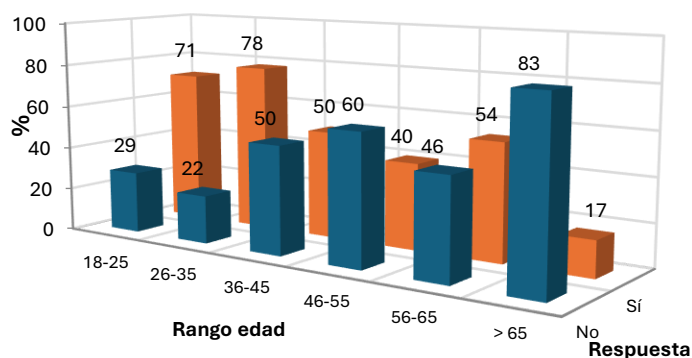


Figura 9. Distribución de las respuestas a la selección de la carne de cultivo como una alternativa a la carne tradicional según la edad de los encuestados.

Preguntados los encuestados acerca de los tipos de problemas derivados del consumo de carne de cultivo, se encontró dependencia entre las clases y la variable salud ($p=0,043$), con mayor preocupación en la clase II según la prueba de Kruskal-Wallis (Tabla 6).

Tabla 6: Respuestas a la clasificación de los problemas del consumo de la carne de cultivo según las distintas clases.

		I	II	III	IV
Salud	No	100	90	100	100
	Sí	0	10	0	0
Económico/ganadería	No	77	65	42	74
	Sí	23	35	58	26
Desconfianza	No	27	45	42	31
	Sí	73	55	58	69
Cultura	No	58	50	68	63
	Sí	42	50	32	37
Seguridad	No	100	100	100	97
	Sí	0	0	0	3
Ético	No	81	100	79	89
	Sí	19	0	21	11
Medioambiente	No	96	90	84	94
	Sí	4	10	16	6
Visión social	No	81	95	63	74
	Sí	19	5	37	26

Ante la pregunta de si consumirían carne de cultivo, el 54% de los encuestados respondieron de manera negativa. No obstante, la prueba chi cuadrado arrojó dependencia con las clases y mediante la prueba de Kruskal-Wallis se determinó que había diferencias significativas ($p = 0,0001$) entre las distintas clases, presentando la clase III una mayor tendencia a la aceptación de su consumo que el resto.

Por último, para analizar la respuesta de reducir el consumo de carne frente a la sustitución por otros productos la prueba chi cuadrado arrojó dependencia entre las clases y la opción “sustituir por carne de cultivo” ($p=0,009$). La clase III resultó ser diferente al resto y la más dispuesta a elegir la carne de cultivo como alternativa.

5. Conclusiones/Conclusions

Del presente estudio se pueden obtener las siguientes conclusiones:

1. La carne de cultivo es un alimento que pretende replicar o mejorar las características nutricionales y sensoriales de la carne, pero actualmente no se ha alcanzado la tecnología necesaria para conseguirlo.
2. La carne de cultivo es un alimento con la capacidad de reducir el sufrimiento animal y el número de sacrificios, lo que la convierte en una alternativa de proteína para los individuos que no consumen carne por razones morales, pero ciertas partes de la población aún tienen restringido su consumo por cuestiones religiosas.
3. Este producto supondría un impacto negativo en la economía de los países cuya industria se centra en la ganadería. Además, no se ha conseguido ampliar la escala de producción a un menor coste, haciendo que su precio actual no sea competitivo con el de la carne tradicional.
4. El impacto medioambiental de este producto aún no es del todo claro por la falta de datos actualizados, por lo que no se puede realizar un análisis preciso para demostrar que su impacto sea menor que el de la carne tradicional.
5. Se trata de un alimento que permite controlar la seguridad alimentaria de manera más eficiente frente a los peligros convencionales, evitando así la adición de antibióticos u otros aditivos, pero introduce nuevos peligros que aún no se han determinado completamente.
6. Hará falta un mayor nivel de comunicación y publicaciones de acceso público para que la población esté dispuesta a consumirlo, dado que su desconocimiento genera una percepción negativa.
7. Los sectores sociodemográficos con más tendencia a aceptar su consumo son los hombres, en comparación con las mujeres que son más reticentes, y la gente joven, que parece más dispuesta a probar nuevos alimentos y tienen una mayor concienciación por los impactos de la carne tradicional.

From the present study, the following conclusions can be drawn:

1. *Cultured meat is a food product intended to replicate or improve the nutritional and sensory characteristics of conventional meat, but the necessary technology to achieve this has not yet been developed.*
2. *Cultured meat has the potential to reduce animal suffering and the number of animal slaughters, making it a protein alternative for individuals who abstain from meat for ethical*

reasons. However, certain segments of the population still face restrictions on its consumption due to religious reasons.

3. This product would have a negative impact on the economies of countries whose industries are centered on livestock farming. Additionally, large-scale production has not yet been achieved at a lower cost, making its current price uncompetitive with traditional meat.

4. The environmental impact of this product is not yet fully clear due to a lack of updated data, preventing a precise analysis to demonstrate that its impact is lower than that of traditional meat.

5. Cultured meat allows for more efficient control of food safety against conventional hazards, thereby avoiding the addition of antibiotics or other additives, but it introduces new hazards that have not yet been fully determined.

6. A higher level of communication and publicly accessible publications will be necessary to increase the willingness of the population to consume it, as the current lack of knowledge generates a negative perception.

7. The sociodemographic sectors most inclined to accept its consumption are men, in comparison to women who are more reluctant, and young people who appear more willing to try new foods and have a greater awareness of the impacts of traditional meat.

6. Valoración personal

Gracias a este Trabajo de Fin de Grado, he desarrollado habilidades en la búsqueda y recopilación de datos, mejorado mi capacidad para evaluar críticamente la información encontrada y aprendido a tomar decisiones para seleccionar las fuentes más fiables. También he conseguido mayor destreza en la aplicación de técnicas estadísticas a los resultados obtenidos y he perfeccionado mi redacción. Además, he mejorado mi fluidez en términos científicos en inglés, ya que la mayoría de los textos revisados estaban en este idioma. Por otra parte, este trabajo me ha servido para profundizar en mis conocimientos sobre la carne de cultivo, a la vez que me ha permitido aplicar los adquiridos en otras asignaturas como Tecnologías de la Carne y del Pescado, Biotecnología Alimentaria o Intensificación en el sector cárnico y del pescado. Este trabajo también tiene una vertiente sociológica ya que vincula la aceptación de un alimento a motivos no solo científicos. Por todo ello, valoro muy positivamente haber tenido la oportunidad de realizar este trabajo enfocado en un tema novedoso. El tiempo dedicado a él ha supuesto una inversión personal para mi desarrollo como futura tecnóloga de los alimentos. Me gustaría agradecer a todas aquellas personas, tanto dentro de la universidad como fuera de ella, que han

dedicado su tiempo para ayudarme en el desarrollo de este TFG y especialmente a aquellos que han participado cumplimentando la encuesta.

7. Bibliografía

Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (2023). *Memorias de actuación del SCIRI 2022*. Madrid: AESAN.

Agrodigital (2024). "La primera autorización de carne cultivada de vacuno se concede en Israel". *Agrodigital*, 29 de enero. Disponible en: <https://acortar.link/ZNz3dL> [Consultado 20-03-2024].

Arrieta, E. M., Cabrol, D. A., Cuchiatti, A. y González, A. D. (2020). "Biomass consumption and environmental footprints of beef cattle production in Argentina". *Agricultural Systems*, 195, p. 102944. DOI: 10.1016/j.agsy.2020.102944

Broucke, K., Van Pamel, E., Van Coillie, E., Herman, L., y Van Royen, G. (2023). "Cultured meat and challenges ahead: A review on nutritional, technofunctional and sensorial properties, safety and legislation". *Meat Science*, 195, p. 109006. DOI: 10.1016/j.meatsci.2022.109006

Bryant, C. y Barnett, J. (2020). "Consumer acceptance of cultured meat: An updated review". *Applied Sciences*, 10, p. 5201. DOI:10.3390/app10155201

Chen, L., Guttieres, D., Koenigsberg, A., Barone, P. W., Sinskey, A. J. y Springs, S. L. (2022). "Large-scale cultured meat production: Trends, challenges and promising biomanufacturing technologies". *Biomaterials*, 280, p. 121274. DOI: 10.1016/j.biomaterials.2021.121274

Chriki, S., y Hocquette, J.-F. (2020). "The myth of cultured meat: A review". *Frontiers in Nutrition*, 7. DOI: 10.3389/fnut.2020.00007

Costantini, M., Vázquez-Rowe, I., Manzardo, A. y Bacenetti, J. (2021). "Environmental impact assessment of beef cattle production in semi-intensive systems in Paraguay". *Sustainable Production and Consumption*, 27, pp. 269-281. DOI: 10.1016/j.spc.2020.11.003

Da Silva, B. D. y Conte-Junior, C. A. (2024). "Perspectives on cultured meat in countries with economies dependent on animal production: A review of potential challenges and opportunities". *Trends in Food Science & Technology*, 149, p. 104551. DOI: 10.1016/j.tifs.2024.104551

De Oliveira Padilha, L. G., Malek, L. y Umberger, W. J. (2022). "Consumers' attitudes towards lab-grown meat, conventionally raised meat and plant-based protein alternatives". *Food Quality and Preference*, 99, p. 104573. DOI: 10.1016/j.foodqual.2022.104573

Díaz Baca, M. F., Moreno Lerma, L., Triana Ángel, N. y Burkart, S. (2024). "The relationships between land tenure, cattle production, and climate change – A systematic literature review". *Land Use Policy*, 141, p. 107169. DOI: 10.1016/j.landusepol.2024.107169

Esteche, S., Martínez, A., Piacenza, M., y Scarzello, F. (2021). *El impacto ambiental de la producción de carnes*. Disponible en: <https://acortar.link/BhMn5h> [Consultado 10-04-2024]

Eurocarne (2023). "La carne obtenida por cultivo en laboratorio es considerada como kosher por el Gran Rabino de Israel". *Eurocarne digital*, 23 de enero. Disponible en: <https://acortar.link/BjfRKg> [Consultado 22-03-2024].

Eurocarne (2024). "Florida avanza en la prohibición de la venta y fabricación de productos cárnicos obtenidos por cultivo celular". *Eurocarne digital*, 7 de marzo. Disponible en: <https://eurocarne.com/noticias/codigo/61726/kw/Florida+avanza+en+la+prohibición+de+lave+nta+y+fabricación+de+productos+cárnicos+obtenidos+porcultivo+celular> [Consultado 18-03-2024].

Fair Price (2024a). Fair Price. Disponible en: <https://acortar.link/b7QF40> [Consultado 28-05-2024]

Fair Price (2024b). Fair Price. Disponible en: <https://acortar.link/znJS7Z> [Consultado 28-05-2024]

FAO y OMS (2023). *Food safety aspects of cell-based food*. Roma. DOI:10.4060/cc4855en

Fish, K. D., Rubio, N. R., Stout, A. J., Yuen, J. S. K. y Kaplan, D. L. (2020). "Prospects and challenges for cell-cultured fat as a novel food ingredient". *Trends in Food Science & Technology*, 98, pp. 53-67. DOI: 10.1016/j.tifs.2020.02.005

Font-i-Furnols, M. (2023). "Meat Consumption, Sustainability and Alternatives: An Overview of Motives and Barriers". *Foods*, 12, p. 2144. DOI: 10.3390/foods12112144

Fraeye, I., Kratka, M., Vandeburgh, H. y Thorrez, L. (2020). "Sensorial and nutritional aspects of cultured meat in comparison to traditional meat: Much to be inferred". *Frontiers in nutrition*, 7(35). DOI: 10.3389/fnut.2020.00035

Garrison, G. L., Biermacher, J. T. y Brorsen, B. W. (2022). "How much will large-scale production of cell-cultured meat cost?". *Journal of Agriculture and Food Research*, 10, p. 100358. DOI: 10.1016/j.jafr.2022.100358

Gascon, S. (2024). *Se comercializa por primera vez la carne cultivada de vacuno*. Disponible en: <https://www.merieuxnutrisciences.com/es/se-comercializa-por-primera-vez-la-carne-cultivada-de-vacuno/#:~:text=Israel%20pasa%20a%20ser%20el,partir%20de%20células%20de%20pollo> [Consultado 20-03-2024].

Godfray, H. C. J. et al. (2018). "Meat consumption, health, and the environment". *Science*, 361, p. 6399. DOI: 10.1126/science.aam5324

GFI (2024). *2023 State of the Industry Report: Cultivated meat and seafood*. Disponible en: <https://acortar.link/n4jSfD> [Consultado 15-04-2024]

GOOD Meat (2024). GOOD Meat. Disponible en: <https://www.goodmeat.co/butchery> [Consultado 07-06-2024].

Goyal, A., Doomra, R., Srivastava, S., Rani, N. y Choudhary, A. R. (2020). "Vegetarians, vegans and the carbon footprint: An increased environmental consciousness among the youths". *Journal of Agriculture and Food Research*, 11(7-9), pp. 387-392. Disponible en: <https://acortar.link/MRddwi> [Consultado 20-04-2024].

Gu, Y., Li, X. y Chan, E. C. Y. (2023). "Risk assessment of cultured meat". *Trends in Food Science & Technology*, 138, pp. 491-499. DOI: 10.1016/j.tifs.2023.06.037

- Hagmann, D., Siegris M. y Hartmann, C. (2019). "Meat avoidance: motives, alternative proteins and diet quality in a sample of Swiss consumers". *Public Health Nutrition*, 22(13), pp. 2448-2459. DOI: 10.1017/S1368980019001277
- Heijnk, V., Espey, A. y Schuenemann, F. (2023). "A comparison of influencing factors on attitudes towards plant-based, insect-based and cultured meat alternatives in Germany". *Food Quality and Preference*, 110, p. 104966. DOI: 10.1016/j.foodqual.2023.104966
- Ho, S. S., Ou, M. y Vijayan, A. V. (2023). "Halal or not? Exploring Muslim perceptions of cultured meat in Singapore". *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 7, p. 1127164. DOI: 10.3389/fsufs.2023.1127164
- Hossain, M. A. M. et al. (2020). "Authentication of Halal and Kosher meat and meat products: Analytical approaches, current progresses and future prospects". *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(2), pp. 285-310. DOI: 10.1080/10408398.2020.1814691
- Islam, F. et al. (2023). "Health benefits, importance, and challenges during production of cultured meat: An overview". *International Journal of Food Properties*, 26(1), pp. 1724-1735. DOI: 10.1080/10942912.2023.2230382
- Jin, G. y Bao, X. (2024). "Muscle Cells: Tailoring the taste of cultured meat". *eLife*, 13, p. e98918. DOI: 10.7554/eLife.98918
- Joo, S. T. et al. (2022). "A comparative study on the taste characteristics of satellite cell cultured meat derived from chicken and cattle muscles". *Food Science of Animal Resources*, 42(1), pp. 175-185. DOI: 10.5851/kosfa.2021.e72
- Kang, K.-M., Lee, D. B. y Kim, H.-K. (2024). "Industrial Research and Development on the Production Process and Quality of Cultured Meat Hold Significant Value: A Review". *Food Science of Animal Resources*, 44(3), pp. 499-514. DOI: 10.5851/kosfa.2024.e20
- Kenigsberg, J. A. y Zivotofsky, A. Z. (2020). "A Jewish Religious Perspective on Cellular Agriculture". *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 3, p. 128. DOI: 10.3389/fsufs.2019.00128
- Kim, S., Beier, A., Brett Schreyer, H. y Bakshi, B. R. (2022). "Environmental life cycle assessment of a novel cultivated meat Burger patty in the United States". *Sustainability*, 14(23), p. 16133. DOI: 10.3390/su142316133
- Lee, D. Y. et al. (2022). "Review of the current research on fetal bovine serum and the development of cultured meat". *Food Science of Animal Resources*, 42(5), pp. 775-799. DOI: 10.5851/kosfa.2022.e46
- Levi, S., Yen, F. C., Baruch, L. y Machluf, M. (2022). "Scaffolding technologies for the engineering of cultured meat: Towards a safe, sustainable, and scalable production". *Trends in Food Science & Technology*, 126, pp. 13-25. DOI: 10.1016/j.tifs.2022.05.011
- Mariano, E. et al. (2024). "The Color-Developing Methods for Cultivated Meat and Meat Analogues: A Mini-Review". *Food Science of Animal Resources*, 44(2), pp. 356-371. DOI: 10.5851/kosfa.2024.e14
- Menendez III, H. M., Atzori, A., Brennan, J. y Tedeschi, L. O. (2023). "Using dynamic modelling to enhance the assessment of the beef water footprint". *Animal*, 17, p. 100808. DOI: 10.1016/j.animal.2023.100808

- Mercadona (2024). *Pechugas enteras de pollo*. Disponible en: <https://acortar.link/iZuJki> [Consultado 28-05-2024]
- Mercasa (2022a). *Alimentación en España 2021*. Disponible en: <https://acortar.link/lcZjsw> [Consultado 11-02-2024]
- Mercasa (2022b). *Alimentación en España 2022*. Disponible en: <https://acortar.link/zNtbsq> [Consultado 11-02-2024]
- Mercasa (2023). *Alimentación en España 2023*. Disponible en: <https://acortar.link/agJiGw> [Consultado 11-02-2024]
- Mewery (2024). Mewery. Disponible en: <https://mewery.io> [Consultado 22-05-2024].
- Nobre, F. S. (2022). "Cultured meat and the sustainable development goals". *Trends in Food Science & Technology*, 124, pp.140-153. DOI: 10.1016/j.tifs.2022.04.011
- Olenic, M. y Thorrez, L. (2023). "Cultured meat production: what we know, what we don't know and what we should know". *Journal of Animal Science and Technology*, 22(1), pp. 749-753. DOI: 10.1080/1828051X.2023.2242702
- Ong, K.J., Tejeda-Saldana, Y., Duffy, B., Holmes, D., Kukk, K. y Shatkin, J.A. (2023). "Cultured Meat Safety Research Priorities: Regulatory and Governmental Perspectives". *Foods*, 12(14), p. 2645. DOI: 10.3390/foods12142645
- Open Food Facts (2021). *Pollo desmenuzado - Hacendado*. Disponible en: <https://acortar.link/wjs6Xa> [Consultado 27-05-2024]
- Pakseresht, A., Kaliji, S. A. y Canavari, M. (2022). "Review of factors affecting consumer acceptance of cultured meat". *Appetite*, 170, p. 105829. DOI: 10.1016/j.appet.2021.105829
- Paredes, J., Cortizo-Lacalle, D., Imaz, A. M., Aldazabal, J. y Vila, M. (2022). "Application of texture analysis methods for the characterization of cultured meat". *Scientific Reports*, 12, p. 3898. DOI:10.1038/s41598-022-07785-1
- Red Nacional de Vigilancia Epidemiológica (2020). *Resultados de la Vigilancia Epidemiológica de las enfermedades transmisibles. Informe anual. Años 2017-2018*. Madrid: RENAVE.
- Red Nacional de Vigilancia Epidemiológica (2023a). *Informe epidemiológico sobre la situación de la campilobacteriosis en España. Año 2022*. Madrid: RENAVE.
- Red Nacional de Vigilancia Epidemiológica (2023b). *Informe epidemiológico sobre la situación de la infección por cepas de Escherichia coli productoras de toxina Shiga o Vero en España. Año 2022*. Madrid: RENAVE.
- Red Nacional de Vigilancia Epidemiológica (2023c). *Informe epidemiológico sobre la situación de la listeriosis en España. Año 2022*. Madrid: RENAVE.
- Red Nacional de Vigilancia Epidemiológica (2023d). *Informe epidemiológico sobre la situación de la Salmonelosis en España. Año 2022*. Madrid: RENAVE.
- Red Nacional de Vigilancia Epidemiológica (2023e). *Informe epidemiológico sobre la situación de la yersiniosis en España. Año 2022*. Madrid: RENAVE.
- Reglamento (UE) 2015/2283 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de noviembre de 2015, relativo a los nuevos alimentos, por el que se modifica el Reglamento (UE) nº 1169/2011

del Parlamento Europeo y del Consejo y se derogan el Reglamento (CE) nº 258/97 del Parlamento Europeo y del Consejo y el Reglamento (CE) nº 1852/2001 de la Comisión. Diario Oficial de la Unión Europea L nº 327, de 11 de diciembre de 2015.

Risner, D., Kim, Y., Nguyen, C., Siegel, J. B. y Spang, E. S. (2023). "Environmental impacts of cultured meat: A cradle-to-gate life cycle assessment". *bioRxiv*. DOI: 10.1101/2023.04.21.537778

Rodríguez Escobar, M. I., Cadena, E., Nhu, T. T., Cooreman-Algoed, M., De Smet, S. y Dewulf, J. (2021). "Analysis of the Cultured Meat Production System in Function of Its Environmental Footprint: Current Status, Gaps and Recommendations". *Foods*, 10(12), p. 2941. DOI: 10.3390/foods10122941

Rolland, N. C. M., Markus, C. R. y Post, M. J. (2020). "The effect of information content on acceptance of cultured meat in a tasting context". *PLOS ONE*, 15(4), p. e0231176. DOI: 10.1371/journal.pone.0231176

Rombach, M. et al. (2022). "Is cultured meat a promising consumer alternative? Exploring key factors determining consumer's willingness to try, buy and pay a premium for cultured meat". *Appetite*, 179, p. 106307. DOI: 10.1016/j.appet.2022.106307

Ruxton, C. H. S. y Gordon, S. (2024). "Animal board invited review: The contribution of red meat to adult nutrition and health beyond protein". *Animal*, 18, 101103. DOI: 10.1016/j.animal.2024.101103

Siddiqui, S. A. et al. (2022). "Marketing strategies for cultured meat: A review". *Applied Sciences*, 12(17), p. 8795. DOI:10.3390/app12178795

Singh, S., Yap, W. S., Ge, X. Y., Min, V. L. X., Choudhury, D. (2022). "Cultured meat production fuelled by fermentation". *Trends in Food Science & Technology*, 120, pp. 48-58. DOI: 10.1016/j.tifs.2021.12.028

Starowicz, M., Poznar, K. K. y Zieliński, H. (2022). "What are the main sensory attributes that determine the acceptance of meat alternatives?". *Current Opinion in Food Science*, 48, p. 100924. DOI: 10.1016/j.cofs.2022.100924

Terano, R., Matsuyoshi, Y., Aida, A. A., Ramli, N. N., y Mohamed, Z. A. (2023). "Exploring Muslim consumers' acceptance of cultured beef meat". *AGRARIS: Journal of Agribusiness and Rural Development Research*, 9(1), pp. 100-112. DOI:10.18196/agraris.v9i1.182

Tomiyama, A. J., Kawecki, N. S., Rosenfeld, D. L., Jay, J. A., Rajagopal, D. y Rowat, A. C. (2020). "Bridging the gap between the science of cultured meat and public perceptions". *Trends in Food Science & Technology*, 104, pp. 144-152. DOI: 10.1016/j.tifs.2020.07.019

Treich, N. (2021). "Cultured Meat: Promises and Challenges". *Environmental and Resource Economics*, 79, pp. 33-61. DOI:10.1007/s10640-021-00551-3

Valente, J. d P. S., Fiedler, R. A., Sucha Heidemann, M., Molento, C. F. M. (2019). "First glimpse on attitudes of highly educated consumers towards cell-based meat and related issues in Brazil". *PLOS ONE*, 14(8), p. e0221129. DOI: 10.1371/journal.pone.0221129

Vural, Y., Ferriday, D. y Rogers, P. J. (2023). "Consumers' attitudes towards alternatives to conventional meat products: Expectations about taste and satisfaction, and the role of disgust". *Appetite*, 181, p. 106394. DOI: 10.1016/j.appet.2022.106394

ANEXO A

Encuesta empleada en la elaboración de este Trabajo.

1. Sexo:

- 1.1. Hombre
- 1.2. Mujer

2. Edad:

- 2.1. 18-25
- 2.2. 26-35
- 2.3. 36-45
- 2.4. 46-55
- 2.5. 56-65
- 2.6. >65

3. Nacionalidad:

- 3.1. Española
- 3.2. Argentina

4. ¿Eres consumidor de carne?

- 4.1. Sí
- 4.2. No → fin de la encuesta

5. Frecuencia de consume seminal:

- 5.1. 1-2
- 5.2. 3-4
- 5.3. 5-6
- 5.4. Más de 6 veces

6. Especies consumidas:

- 6.1. Vacuno
- 6.2. Porcino
- 6.3. Aves de corral
- 6.4. Ovino-Caprino
- 6.5. Conejo

7. Factor de decisión usado para escoger el tipo de carne:

- 7.1. Gustos/preferencias
- 7.2. Religiosos
- 7.3. Económicos
- 7.4. Disponibilidad

7.5. Costumbre

7.6. Salud

8. Evolución del consumo de carne personal en el último año:

8.1. Aumentado

8.2. Disminuido

8.3. Se ha mantenido constante

9. ¿Sabes qué es la carne de cultivo?

9.1. Sí

9.2. No → reciben una breve explicación y avanzan a la pregunta 13

10. ¿Consideras que la carne de cultivo es una alternativa viable?

10.1. Sí

10.2. No

11. ¿Consideras que puede existir algún problema derivado de su consumo?

11.1. Sí

11.2. No → avanzan a la pregunta 13

12. ¿Cuáles?

12.1. Medioambiental

12.2. Ético

12.3. Visión social

12.4. Económico (para el que la compra o el ganadero tradicional)

12.5. Cultura

12.6. Desconfianza

12.7. Salud

12.8. Seguridad alimentaria

13. ¿Consumirías carne de cultivo?

13.1. Sí

13.2. No

14. En caso de reducir la ingesta de carne tradicional, ¿qué alternativa escogerías?

14.1. Reducir el consume de carne sin sustituir

14.2. Sustituir la carne tradicional por la de cultivo

14.3. Sustituir la carne tradicional por análogo vegetal

14.4. Sustituir la carne tradicional por otras proteínas animales (huevos, leche)

ANEXO B

Análisis de peligros de la carne de cultivo (FAO y OMS, 2023).

Etapa	Tipo	Peligro	Medidas de prevención	Medidas de control
Cultivo celular	Biológico	Nuevas sustancias alergénicas o peligrosas debido a modificaciones genéticas intencionales, incluidas aquellas que involucran transgenes y cambios resultantes en genes endógenos	Evitar modificaciones que codifiquen secuencias alergénicas	Pruebas de alergenicidad para la nueva proteína
				Pruebas de toxicidad para la nueva proteína
Producción	Químico, Alergénico	Residuos de aditivos alimentarios o químicos peligrosos (estabilizadores del medio de cultivo, moduladores de la función celular, nutrientes, etc.)	Siguiendo buenas prácticas relevantes	Cuantificación de los niveles de residuos químicos peligrosos en el producto final.
			Uso de productos químicos o moduladores que hayan establecido un historial de seguridad alimentaria.	
			Uso de los niveles mínimos para una acción eficaz	Si un modulador proteico se modifica de alguna manera, se pueden realizar pruebas de alergenicidad de la nueva sustancia
			Se pueden utilizar procedimientos de lavado para eliminar productos químicos o reducir su concentración.	
			Evaluación de peligros y exposiciones potenciales, realizar una evaluación de seguridad.	
			Desarrollo de especificaciones	

Etapa	Tipo	Peligro	Medidas de prevención	Medidas de control
Producción	Químico, Alergénico	Materiales estructurales potencialmente peligrosos y sustancias relacionadas	Uso de sustancias no alergénicas y seguras para el consumo Cumplir con las especificaciones del material Uso de un procedimiento de lavado para eliminar sustancias Etiquetado de cualquier sustancia alergénica en el producto final	Cuantificación de los niveles de materiales estructurales integrales y sustancias afines en el producto final
Cultivo celular Producción	Biológico, Alergénico	Nuevas toxinas o alérgenos, o aumento de tóxicos endógenos o alérgenos	Siguiendo buenas prácticas relevantes Listado de componentes que podrían afectar la seguridad alimentaria según las especies o células que se utilicen Uso de un procedimiento de lavado para eliminar sustancias Monitoreo de células	Evaluación de la estabilidad genética y fenotípica mediante técnicas moleculares (por ejemplo, cariotipo) Analizar el nivel de expresión de moléculas relacionadas con el cambio y correlacionarlas con la exposición esperada del producto alimenticio Pruebas de alergenicidad y toxicidad.
Procesado	Químico	Transformación fisicoquímica de los componentes alimenticios	Siguiendo buenas prácticas relevantes	Nuevos ingredientes sin un historial de uso seguro se debe realizar una prueba de transformación fisicoquímica antes de su uso en alimentos Análisis de secuencia Evaluación de ingredientes para determinar su reactividad (por ejemplo, <i>in silico</i> , <i>in vitro</i>) Pruebas de toxicidad de productos.
Procesado	Químico	Cambios estructurales y químicos del material genético celular	Siguiendo buenas prácticas relevantes	Análisis de secuencia, pruebas de toxicidad de productos.