

EL FUTURO DEL SECTOR CÁRNICO: UN CAMBIO DEL MODELO PRODUCTIVO

Adrián Calves Ubach

Estudiante de Grado en Administración y Dirección de Empresas de la UNED

Resumen: El consumo de carne ha experimentado un crecimiento en los últimos años, especialmente en países desarrollados, lo que desafía la sostenibilidad del modelo actual de producción. La carne cultivada emerge como solución, evitando el sacrificio animal. Aunque inicialmente tuvo un alto coste, los avances tecnológicos prometen reducir los costos y mejorar la rentabilidad. A su vez, podría abordar problemas sobre bienestar animal y salud pública. Sin embargo, su aceptación enfrenta obstáculos sociales y legales, al igual que podría tener un impacto en el empleo y economía. A pesar de estos desafíos, la carne cultivada representa una oportunidad para satisfacer demandas éticas y ambientales en la industria alimentaria, siendo necesarios esfuerzos para su normalización.

Palabras clave: Carne, bienestar, industria alimentaria, medioambiente, economía.

Abstract: The consumption of meat has experienced growth in recent years, especially in developed countries, challenging the sustainability of the current production model. Cultivated meat emerges as a solution, avoiding animal sacrifice. Although initially costly, technological advances promise to reduce costs and improve profitability. At the same time, it could address issues regarding animal welfare and public health. However, its acceptance faces social and legal obstacles, as well as potential impacts on employment and the economy. Despite these challenges, cultivated meat represents an opportunity to meet ethical and environmental demands in the food industry, requiring efforts for its normalization.

Keywords: Meat, welfare, food industry, environment, economy.

1. EVOLUCIÓN DEL CONSUMO CÁRNICO

El crecimiento del consumo de carne animal ha crecido exponencialmente, generando consigo un reto para la sostenibilidad del sistema actual de producción. Según revelan los datos de la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). La producción de carne de los tres principales animales (cerdo, vacuno y pollo) lleva incrementando desde el 1994 sin pausa y a un ritmo vertiginoso. En menos de 25 años la producción de carne de pollo se ha triplicado de 40 millones de toneladas a 120 millones. Un comportamiento similar, aunque más conservador, se puede observar en la producción de carne de cerdo (80 M a 120 M de toneladas) y vacuno (50 M a 70 M de toneladas). Sin entrar a analizar la evolución de otras carnes menos consumidas en el entorno de la UE (pato, ganso, conejos, caprino, asno, camello, etc...) es suficiente como para determinar una importante y rápida intensificación del consumo cárnico. (1)

Es interesante observar que este incremento del consumo se ha dado principalmente en los países desarrollados de forma que África prácticamente no aporta al consumo de carne global. En cambio, América es el consumidor principal de carne con un 43'3% de la carne de pollo y 48'8% de carne vacuna. (1)

Este crecimiento se puede deber a varios factores como el crecimiento de la población mundial o el aumento de la urbanización alrededor del mundo. Independientemente de los motivos, se prevé que el consumo seguirá incrementando, alcanzando cotas que la producción tradicional no es capaz de cubrir. (2)

Es aquí donde nace la necesidad de encontrar posibles soluciones e innovaciones en el sector cárnico mundial.

2. SOLUCIONES ACTUALES: CARNE CULTIVADA Y CARNE DE IMITACIÓN

Una alternativa presentada por la comunidad científica es la carne cultivada. Este término se refiere a la carne producida mediante un cultivo de células animales. Al igual que en los métodos tradicionales es necesaria la participación de los animales. Sin embargo, en este caso los animales no son sacrificados, solo participan para la toma de células madre. A partir de estas células madre y mediante el uso de un biorreactor se obtiene la carne cultivada. (3)

Las células madre crecerán en el biorreactor y en función de los componentes del medio en el que se encuentren generarán los distintos componentes de la carne: tejido muscular, tejido adiposo (grasa) y tejido conjuntivo. (3)

Una vez se tienen todos los tejidos, estos se disponen en un andamiaje que permite obtener la estructura deseada (filetes, hamburguesas, etc...). Los andamios se generan con materiales comestibles y nutritivos que favorecen la diferenciación celular. (3)

No se debe confundir con la carne de imitación o vegetal. El consumo de este tipo de carne ha incrementado en los últimos años, pero su composición no tiene nada que ver con la carne cultivada. La carne de imitación es un sucedáneo de la carne real compuesta por proteínas vegetales, a diferencia de la carne cultivada que es carne animal producida por un método alternativo usando la misma materia prima. (4)

3. RENTABILIDAD

Esta aproximación es interesante, pero, ¿es factible? Inicialmente una hamburguesa de carne cultivada costaba 330.000 dólares en 2019. Por motivos obvios, esto hacía inviable la aplicación de este modelo productivo en la práctica industrial. Debido a esto se ha realizado un gran esfuerzo en I+D tratando de desarrollar métodos más baratos. Actualmente la empresa que mejores resultados han declarado tener sería Future Meats que asegura poder generar carne cultivada de bajo precio mediante un «proceso de rejuvenecimiento de los medios» el cual mejoraría el rendimiento de la producción hasta 10 veces. El precio de una pechuga de pollo obtenida por este método sería de 1'70 dólares, lo que de ser cierto les acercaría muchísimo a una producción viable. Si bien es algo más que el doble del precio de métodos tradicionales (0'8 dólares) en 5 años se habría conseguido reducir el precio en varios ordenes, lo que daría esperanzas de obtener un producto comerciable. (5) Más aún si tenemos en cuenta que existe un alto potencial de reducción de costes cuando se alcancen volúmenes de producción que permitan el uso de economías de escala.

Sin embargo, se ha de destacar que el método utilizado no ha sido hecho público al igual que tampoco hay pruebas de que se consigan estos resultados tan prometedores y diferentes a los de la competencia. Actualmente las empresas se encuentran en una carrera por obtener el mejor proceso y custodian sus descubrimientos con cuidado por lo que la información, aun esperanzadora, es muy limitada y hay que tratarla con cautela.

Estos precios se pueden entender gracias a la estructura de costes del proceso. Los costes de esta industria, como en cualquier otro sector, se pueden dividir en costes variables y costes fijos. Los costes variables incluyen la materia prima, que en este caso sería principalmente el medio de cultivo. El medio más utilizado actualmente requiere de suero fetal bovino (FBS) el cual tiene un coste bastante alto si hablamos de cantidades industriales. (6)

Sin embargo, se está empezando a reemplazar el FBS por otros medios que no provienen de animales. Esto no sólo abarataría los costes, sino que también permitiría ampliar el mercado a los consumidores vegetarianos y veganos. (3) Muchos de los consumidores que optan por seguir este tipo de dieta encuentran sus razones en el bienestar animal, pero con el cambio de medio no habría ningún componente de la cadena de valor que tuviese relación alguna con el sufrimiento animal. De esta forma se obtendría una ampliación del mercado objetivo, aunque también es cierto que debería estudiarse la aceptación que tendría en la población, puesto que podrían seguir siendo reacios a consumirlos.

Otros costes como el transporte de la carne perderían peso en comparación al que tienen en el modelo tradicional puesto que se podría localizar la producción en las ciudades, minimizando el transporte para la venta. (7) Aunque esto a su vez podría incrementar los costes de alquiler o compra del terreno.

En cuantos a los costes fijos habría que tener en cuenta varios. El primero sería el coste de los salarios de los empleados fijos, estas tecnologías requieren de personal muy cualificado, que debería mantenerse durante las 24 h para no parar la producción. Se estima que el salario medio de los empleados en una planta de este tipo, incluyendo beneficios como el seguro o las vacaciones pagadas alcanzarían una cuantía de 103.000 dólares en EE.UU. (6) A su vez habría que atender costes de mantenimiento y operación de los biorreactores y de almacenamiento refrigerado de la comida lo que se estima tendría un coste de 722 dólares/m². (6) El valor final de estos costes variaría en función de la capacidad elegida de la planta, puesto que se requerirían más trabajadores y metros.

También hay que tener en cuenta los costes de entrada al mercado. Las instalaciones necesarias son de un grado de especialización muy alto siendo muy caras, requiriendo una inversión inicial millonaria para poner en marcha una planta. (6) Si bien es cierto que se podría alquilar terrenos, estos no tendrían las instalaciones necesarias requiriendo una gran inversión de todas formas, por ello sería más indicado realizar esta inversión en un terreno de su propiedad o comprado. Por tanto, el alquiler probablemente no entraría como coste fijo, aunque si podría ser necesario tener en cuenta otros costes como los intereses y deudas a pagar según el sistema de financiación utilizado para la creación de la planta.

4. IMPACTO SOCIO-ECONÓMICO

Un cambio integral en el modelo productivo tendría consecuencias importantes en la economía de cualquier país. Especialmente se vería afectado el sector primario, que es donde se situaría actualmente la ganadería y agricultura. Si bien este sector lleva varios años reduciéndose en cuanto a número de trabajadores se refiere, globalmente sigue ocupando a unos 876'3 millones de personas (8) cuyos ingresos y modo de vida podrían verse comprometidos por el avance de esta nueva tecnología. Además, en la misma cadena de valor se verían afectadas las industrias de procesamiento de la carne, pertenecientes al sector secundario.

A nivel de comercio internacional, muchos países productores de carne utilizan el excedente de su producción ganadera para exportarlo, obteniendo así recursos importantes para otros bienes. Sin embargo, si la producción de carne *in vitro* sigue adelante esto permitiría una independencia de los países desarrollados respecto a los países exportadores de carne/animales. (7) Por ende, es esperable una mejora de la balanza comercial en el caso de los países más industrializados.

El impacto no tendría únicamente aspectos beneficiosos para los países desarrollados. La producción de animales es previsible que se viese trasladada del campo a

las ciudades, favoreciendo más aun el problema de concentración de la población entorno a las urbes. (7) Esto contribuiría al desarrollo de algunos de los problemas actuales como el precio de la vivienda, acumulación de contaminación y problemas en el acceso de servicios.

También es esperable que el perfil de los trabajadores sufriese un cambio. Serían necesario un capital humano más especializado y cualificado, con mejores condiciones de trabajo. Sin embargo, se perderían muchos puestos de trabajo por la automatización del proceso. (7) Esto podría derivar en un serio problema por la pérdida de puestos de trabajo especialmente en el sector primario cuya formación y experiencia les dificultaría encontrar trabajos en otros sectores distintos al ganadero/agricultura.

A pesar de esto y en favor al sector primario, hay que tener en cuenta que no sólo se utilizan los animales en la alimentación, muchos de ellos se utilizan para obtener cuero, lana, etc... (7) materias primas de diversas industrias que seguirían requiriendo del suministro de ellas. Por tanto, no sería posible eliminar por completo la ganadería tradicional, reduciendo el impacto generado en el sector.

También hay que tener en cuenta que una gran parte de los cultivos agrícolas se dirigen a la alimentación de las poblaciones ganaderas. Por tanto, la caída del modelo de producción cárnica tradicional podría tener un efecto importante en la producción agrícola.

Además, la producción de carne cultivada se puede disponer en el espacio de forma vertical, en lugar de horizontal, liberando así una gran cantidad de terreno. (9) Todo esta área agrícola y ganadera recuperada podría ser utilizada para otros usos productivos como cultivos para producir biocombustibles. La tierra liberada también puede ser utilizada para reforestar y restaurar especies en peligro de extinción. Esto incrementaría el impacto beneficioso del nuevo modelo productivo sobre el medioambiente.

5. COSTE MEDIOAMBIENTAL

El sistema de alimentación está considerado como una importante fuente de contaminación. Se estima que el modelo actual es responsable de 18 Gt de equivalentes de dióxido de carbono (gases de efecto invernadero). Alcanzando el 34% de la emisión global de estos gases. También hay que tener en cuenta que actualmente consume el 70% del agua fresca y es responsable de la contaminación del 78% del agua fresca mundial. (10)

Se han encontrado evidencias que muestran que las dietas que no incorporan carne tienen una menor emisión de gases de efecto invernadero, uso de tierra y consumo de agua. Por tanto, el mayor causante de este impacto ambiental se encuentra en el sector ganadero más que en el agrícola. (10)

De hecho, el mantenimiento de las poblaciones ganaderas genera problemas de emisiones por la mera existencia de estos animales que emiten gases de efecto invernadero. Pero también puede generar problemas de eutrofización de las aguas y acidificación de suelos y aguas por la generación de purines con nitrógeno o fósforo. (11)

Este impacto ambiental no se detiene ahí, ya que el agua es necesaria en toda la cadena de procesamiento de la carne. No sólo los animales necesitan agua para subsistir, sino que todo el equipamiento y áreas de procesamiento industrial están diseñadas para trabajar en condiciones de humedad, requiriendo del uso de agua. Además, esta agua sale con diversos contaminantes como sangre, grasa, contenidos no digeridos del estómago, extractos de carne, etc... (12)

Si a esto se le suma que es un sistema energéticamente poco eficiente se puede entender la necesidad de mejorar la eficiencia del proceso. Se estima que en torno al 75-90% de la energía consumida por los animales se utiliza para mantenimiento corporal, piel o huesos, es decir, hay una baja eficiencia en la conversión del pienso a carne. (12)

Un posible producto sustitutivo más responsable con el medioambiente sería la producción de carne *in vitro*. A pesar de ello, este nuevo sistema requeriría de una gran cantidad de energía eléctrica que si no proviene de fuentes renovables podría causar contaminación. Por tanto, si se quiere cambiar el modelo será necesario cumplir los objetivos del Pacto Verde Europeo de forma que un alto porcentaje de la energía consumida provenga de energías renovables. (13)

Actualmente se ha visto que hay un incremento de la cantidad absoluta de emisiones de gases de efecto invernadero en la carne cultivada respecto a la carne tradicional. Sin embargo, es necesario estudiar en profundidad el efecto de estos gases respecto al calentamiento global. Se emiten distintos gases y hay indicios de que contribuyen en menor medida que los gases emitidos tradicionalmente. Afortunadamente se considera que sería posible evitar la emisión de los gases de efecto invernadero diseñando sistemas más eficientes. (13) Hay estudios que mediante el uso de cianobacterias estiman una potencial reducción de entre el 78-96% de reducción de emisiones. (14)

Finalmente hay que tener en cuenta que diversos aspectos del consumo de recursos de la carne *in vitro* actualmente no se pueden estimar como: el consumo de factores de crecimiento o antibióticos que se utilizarían en un procesamiento a gran escala de producción de carne cultivada. (7)

6. BIENESTAR ANIMAL

El uso de la carne cultivada tendría también un beneficio en cuanto a bienestar animal se refiere. Esto es especialmente importante en el mundo actual, en el que las tendencias de consumo cada vez demandan un mayor bienestar de los animales de producción.

La producción *in vitro* de carne no requeriría de una cría intensiva de animales como la producción tradicional lo cual permitiría disminuir el número de animales por metro cuadrado. Simplemente sería necesario mantener una pequeña comunidad de individuos de la que poder sacar las células madre.

Esto a su vez tendría un efecto indirecto en el producto mejorando el sistema de producción. Se ha demostrado que los métodos tradicionales generan un mayor estrés en el animal lo que se traduce en un bienestar animal pobre. En cambio, con los métodos *in vitro* sería posible mejorar el bienestar de los animales. Un número mucho menor de animales posibilitaría asegurar unas condiciones de vida excepcionales, mejores que las actuales. El ahorro generado por la reducción en la cantidad de animales permitiría destinar más recursos a este fin e incluso obtener aun así un coste inferior en comparación al mantenimiento de las actuales poblaciones ganaderas.

El bienestar animal tiene distintas implicaciones entre las que se encuentra el *fitness* o eficacia biológica. Un adecuado bienestar del animal permite un aumento de la eficacia biológica que deriva en un mayor éxito reproductivo y tasa de supervivencia. (15) Reduciendo así los costes de producción, al poder conseguir individuos con una mayor facilidad.

De forma similar habría que tener en cuenta el efecto del bienestar animal en el acortamiento de los telómeros y la edad biológica del animal. Se ha visto que el estrés en el animal genera pequeñas «cicatrices» imborrables que se han relacionado con una menor vida media de los animales. (16, 17) Por tanto, un incremento del bienestar animal permitiría un alargamiento de la esperanza de vida de las especies ganaderas, permitiendo su explotación económica durante un mayor tiempo.

También se eliminarían los problemas derivados del estrés producido en el día de sacrificio del animal. Los métodos tradicionales ven alterada la calidad de la carne según el pHu (ultimate pH) que se refiere a la reducción del pH producida en las 24 horas tras la muerte del animal. Esta reducción debe estabilizarse en torno a un pH de 5'4-5'6. No obstante, debido al estrés durante el día del sacrificio se ven alteraciones en este pH, y por ende, en las características organolépticas de la carne. Si estos estreses son de largo tiempo (horas/día) genera carne muy alcalina o DFD (oscura, firme y seca), en cambio si estos estresores son de corto tiempo produce carne ácida o PSE (pálida, blanda y exudativa). (18) Estas alteraciones se evitarían en el caso de la carne cultivada, permitiendo así una mayor estandarización y calidad de la carne.

7. ASPECTOS SANITARIOS Y DE SEGURIDAD ALIMENTARIA

Otro aspecto importante de la cadena de valor actual es el surgimiento de nuevas enfermedades infecciosas por zoonosis (transmitidas de animales a humanos). Estas enfermedades causan una alta tasa de mortalidad en los últimos años y el riesgo de su aparición incrementa notablemente con los modelos productivos intensivos en animales. (19)

Al mismo tiempo el uso de antibióticos para evitar enfermedades entre estos animales (entre otras causas) está generando un aumento de la resistencia a los antibióticos por parte de los microorganismos. Esto puede causar serios problemas sanitarios en el futuro, al carecer de medicamentos que puedan tratar infecciones bacterianas tanto en humanos como animales. Actualmente incluso el 80% del consumo de antibióticos se dirigen al sector animal en algunos países. (20) La reducción de estas poblaciones ganaderas a favor del uso de biorreactores podría ayudar a reducir cuantiosamente el uso de antimicrobianos, reduciendo el avance de la resistencia a los antibióticos.

Además, hay que tener en cuenta que el consumo de carne lleva asociado riesgos por carne contaminada por microorganismos como *Trichinella*. En cambio, la producción de carne *in vitro* se realizaría en instalaciones en vez de granjas siendo más fácil controlar las contaminaciones. A su vez no sólo sería posible controlar las infecciones, sino que también sería posible regular la composición de la carne regulando la cantidad de ácidos grasos y la ratio de saturados/insaturados. Sería posible enriquecer en ácidos grasos saludables como el omega-3 en detrimento de otros ácidos grasos menos saludables e incluso realizar fortalecimiento con vitaminas. (21)

Finalmente, se ha de destacar que todos estos aspectos que influyen en la salud humana y animal tienen unos costes directos debido a los costes sanitarios como son los medicamentos, los médicos, etc... pero también costes económicos indirectos derivados de la reducción de la actividad económica y de la prevención de estas enfermedades. Debido a ello, el cambio a este nuevo modelo productivo podría generar externalidades positivas tanto a nivel de salud como a nivel de ahorro público.

8. ASPECTOS LEGALES

Los ganaderos y productores de carne tradicional demandan de una regulación diferenciada entre carne tradicional y carne cultivada. (22) De hecho, ya en algunos países como EE.UU han prohibido la comercialización de carne cultivada y de carne de imitación mediante nombres como «carne» o «ternera». Esta medida se ve necesaria para proteger a los consumidores de falseamientos o competencia desleal. (23)

Incluso en algunos lugares como el estado de Washington se ha prohibido cualquier anuncio, venta, ofrecimiento e inclusive uso de fondos estatales para investigación en carne cultivada. (23)

Sin embargo, esto genera un nuevo problema y es el cómo comercializar estos productos. Legalmente no se puede utilizar representaciones gráficas, apariencia o nombres que lleven a error, pero las regulaciones actuales no establecen un nombre. Al menos en la Unión Europea cabría la posibilidad de considerarla como *novel food* (todo alimento que no se consumía antes de 1997 y que cumple con al menos uno de los requisitos de la regulación). Concretamente sería un potencial alimento que proviene del aislamiento de cultivo celular/tejido derivado de animales, plantas, microorganismos, hongos o algas. (23)

Las autoridades encargadas de la seguridad alimentaria deberán revisar la salubridad de estos productos al igual que con el resto de alimentos. Al mismo tiempo

que se asegura el cumplimiento de las *Good Production Practices* y la legislación vigente. La regulación en el caso de EE.UU se encuentra más avanzada habiendo distribuido las distintas responsabilidades entre las autoridades del *Department of Health and Human Services – Food Drug Administration* y el *Department of Agriculture’s Food Safety and Inspection Service*. No obstante, al igual que el mercado, la legislación se encuentra aún en desarrollo. (23)

En el caso de Europa la *European Food Safety Authority* (EFSA) aún no ha emitido ninguna decisión respecto a este tipo de productos, ya que no se ha solicitado la aprobación de ninguno de ellos. No obstante, realizan distintos coloquios con el resto de *stakeholders* respecto a la carne *in vitro* y según los propios expertos prevén que en los próximos años lleguen solicitudes que tendrán que estudiar. (24)

Aun así, la carne cultivada en Europa lleva varios años en debate. El caso europeo es especialmente interesante por la variabilidad de opiniones frente a la carne cultivada, en cuanto a gobiernos se refiere. Algunos miembros de la Unión Europea como Países Bajos son líderes a nivel mundial en la carne cultivada albergando investigadores con varias patentes en la materia y distintos proyectos públicos. En 2022 se destinaron 60 millones de euros para la creación de un ecosistema nacional de agricultura celular. Manteniendo un perfil más bajo se encuentran países como Reino Unido con el mayor número de *start-ups* dedicadas a la carne cultivada o España y Alemania que están incrementando su presencia tanto con inversión privada como pública. (25)

En cambio, hay países más reticentes. El mayor exponente de este grupo de naciones sería el gobierno italiano de Meloni quién considera que no hay pruebas que excluyan efectos nocivos y ha aprobado multas de entre 10.000 y 60.000 euros para quien produzca, venda, distribuya o suministre alimentos, bebidas y piensos artificiales. (26) Actuando de forma más moderada se encuentra Francia quién únicamente ha prohibido la carne cultivada en comedores, aunque ni siquiera se ha solicitado a la EFSA la aprobación de ningún producto que se pueda distribuir en esos comedores. (25).

9. COMERCIALIZACIÓN

Hay dudas respecto a la aceptación del consumidor. Algunas personas estarán a favor de estos nuevos métodos innovadores, pero es cierto que es de esperar que haya una parte de la población que la consideren «comida Frankenstein» o incluso que lo consideren «ir en contra de la creación de Dios». (22)

A favor de este producto se encuentran las nuevas tendencias de los consumidores que buscan una mayor protección de los animales. En 2016 el 94% de los españoles

consideraban «importante» o «muy importante» el bienestar animal. Un porcentaje similar al de la Unión Europea. (27) Otras tendencias que influyen en el producto es la búsqueda de alimentos más saludables y sostenibles, así como el consumo de productos de proximidad. (28)

El último aspecto a considerar sería la posibilidad de realizar un desarrollo de mercados, introduciendo productos hasta ahora desconocidos en otros países. Al no necesitar el mantenimiento de las poblaciones se podría añadir en la dieta carnes exóticas y reducir el precio de estas carnes lujosas hasta ahora. (9)

El éxito o fracaso en la introducción de este tipo de productos dependerá de que es lo que pese más en la decisión de consumo, si la aversión a estos nuevos productos de laboratorio o los beneficios que puede encontrar el consumidor.

10. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Cambiar los hábitos de vida del consumidor general por una dieta más pobre en productos cárnicos es en un objetivo poco realista. Es cierto que hay una minoría de la población que ha empezado a seguir dietas vegetarianas, veganas o con bajo consumo de carnes, pero esto no se puede extender a la mayoría de la población.

En cambio, lo que si se está extendiendo entre la población es el surgimiento de nuevas necesidades que a día de hoy no están cubiertas adecuadamente por la industria alimentaria. No sólo se requiere de cubrir necesidades fisiológicas, sino que cada vez es más importante el producto ampliado, el cumplimiento de una serie de principios éticos respecto al medioambiente, la salud y el bienestar animal.

La producción de carne *in vitro* tiene el potencial de cumplir con todos estos estándares, siendo compatible con el mantenimiento de una Responsabilidad Social Corporativa.

Debido a ello, en los próximos años se estima que se obtengan productos comerciables que intenten entrar en el mercado europeo al igual que se encuentran en otros mercados como Singapur. Sin embargo, la opinión social y el sistema legal se encuentran muy por detrás del avance científico. De nada servirán todos los recursos invertidos, sino se produce una aceptación por parte de la sociedad, que se vea reflejada en una legislación que promueva y permita el desarrollo y producción de estos alimentos.

Por tanto, es necesario una normalización previa a la comercialización de la carne *in vitro*. Esto no sólo requiere de un esfuerzo de marketing por parte de las empresas, sino también de los sistemas educativos para que la población general conozca y entienda los riesgos biológicos realmente importantes.

De forma análoga, hay que realizar un estudio sobre el efecto respecto al mercado laboral, sino se quiere afectar excesivamente al sector primario. Actualmente el sector ya se encuentra en una situación débil y la despoblación de las zonas rurales es un problema cada vez más importante. La entrada de la carne cultivada no haría más que acrecentar estos problemas que azotan actualmente al sector, dificultando su continuidad.

Sería interesante realizar programas de adaptación de un nuevo modelo a otro de forma que se facilitase el cambio de actividad a aquellos interesados, pero que siguiese siendo factible el método tradicional. Esto es especialmente importante en un sector tan envejecido como el primario, cuya principal mano de obra probablemente no aceptase un cambio tan drástico.

11. BIBLIOGRAFÍA

1. FAOSTAT. Cultivos y productos de ganadería Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura; 2024 [Available from: <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL/visualize>].
2. SHARMA S, THIND SS, KAUR A. In vitro meat production system: why and how? *Journal of Food Science and Technology*. 2015;52(12):7599-607.
3. Choices EFFfH. Carne cultivada en laboratorio: cómo se elabora y cuáles son sus pros y sus contras 2023 [Available from: <https://www.eufic.org/es/produccion-de-alimentos/articulo/carne-cultivada-en-laboratorio-como-se-elabora-y-cuales-son-sus-pros-y-sus-contras/>].
4. GUYONY V, FAYOLLE F, JURY V. High moisture extrusion of vegetable proteins for making fibrous meat analogs: A review. *Food Reviews International*. 2023;39(7): 4262-87.
5. ENRIQUE P. La carne cultivada en laboratorio empieza a acercarse en precio a la tradicional: un filete de pollo ha pasado de costar más de 50 a 1,70 dólares: Xataka; 2021 [Available from: <https://www.xataka.com/investigacion/carne-cultivada-laboratorio-empieza-a-acercarse-precio-a-tradicional-pechuga-pollo-ha-pasado-costar-50-a-1-70-dolares>].
6. GARRISON GL, BIERMACHER JT, BRORSEN BW. How much will large-scale production of cell-cultured meat cost? *Journal of Agriculture and Food Research*. 2022;10:100358.
7. KUMAR P, SHARMA N, SHARMA S, MEHTA N, VERMA AK, CHEMMALAR S, et al. In-vitro meat: a promising solution for sustainability of meat sector. *Journal of animal science and technology*. 2021;63(4):693-724.
8. FERNÁNDEZ, R. Número de trabajadores en el sector primario a nivel mundial de 2009 a 2022 Statista2023 [Available from: <https://es.statista.com/estadisticas/976821/numero-global-de-trabajadores-en-el-sector-primario/>].

9. BHAT, ZF, MORTON, JD, MASON, SL, BEKHIT, AEA, BHAT, HF. Technological, Regulatory, and Ethical Aspects of In Vitro Meat: A Future Slaughter-Free Harvest. *Compr Rev Food Sci Food Saf.* 2019;18(4):1192-208.
10. SCARBOROUGH, P, CLARK, M, COBIAC, L, PAPIER, K, KNUPPEL, A, LYNCH, J, et al. Vegans, vegetarians, fish-eaters and meat-eaters in the UK show discrepant environmental impacts. *Nature Food.* 2023;4(7):565-74.
11. MARÍN, C, GARCÍA-MARÍN, R. Tratamiento de purines de ganado porcino en España para minimizar la contaminación de suelos y su impacto ambiental. *Avances en estudios sobre desertificación*, 2009-01-01, ISBN 978-84-8371-888-9, pags 673-676. 2009.
12. DJEKIC, I. Environmental Impact of Meat Industry – Current Status and Future Perspectives. *Procedia Food Science.* 2015;5:61-4.
13. LYNCH J, PIERREHUMBERT R. Climate impacts of cultured meat and beef cattle. *Frontiers in sustainable food systems.* 2019;3.
14. TUOMISTO HL, DE MATTOS MJ. Environmental impacts of cultured meat production. *Environmental science & technology.* 2011;45(14):6117-23.
15. PATRICIA M. Conceptos Generales: Aspectos Biotecnológicos del bienestar animal. Zaragoza: Universidad de Zaragoza; 2024.
16. BADMUS KA, IDRUS Z, MENG GY, SAZILI AQ, MAMAT-HAMIDI K. Telomere Length and Regulatory Genes as Novel Stress Biomarkers and Their Diversities in Broiler Chickens (*Gallus gallus domesticus*) Subjected to Corticosterone Feeding. *Animals (Basel).* 2021;11(10).
17. BATESON M. Cumulative stress in research animals: Telomere attrition as a biomarker in a welfare context? *Bioessays.* 2016;38(2):201-12.
18. LAUREN E. What are the impacts of stress on pork quality? The Pig Site2019 [Available from: [<https://www.thepigsite.com/articles/what-are-the-impacts-of-stress-on-pork-quality#:~:text=The%20first%20is%20by%20increasing,functional%20uses%20for%20the%20meat>]].
19. ESPINOSA R, TAGO D, TREICH N. Infectious Diseases and Meat Production. *Environ Resour Econ (Dordr).* 2020;76(4):1019-44.
20. CHRISTIAN, L. Stop using antibiotics in healthy animals to prevent the spread of antibiotic resistance 2017 [Available from: <https://www.who.int/news/item/07-11-2017-stop-using-antibiotics-in-healthy-animals-to-prevent-the-spread-of-antibiotic-resistance>]].
21. BHAT, ZF, KUMAR, S, FAYAZ, H. In vitro meat production: Challenges and benefits over conventional meat production. *Journal of Integrative Agriculture.* 2015;14(2):241-8.
22. MORRIS REGAN, CJ. Carne in vitro: la empresa que produce pollo sin matar un solo animal BBC News2018 [Available from: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-45897953>]].
23. LEŚKIEWICZ, K. In vitro food production from animal cell cultures as a meat alternative (selected legal aspects). *Przegląd Prawa Rolnego.* 2020(2(25)):153-66.

24. Authority EFS. The safety of cell culture - derived food - ready for scientific evaluation 2023 [Available from: <https://www.efsa.europa.eu/en/news/safety-cell-culture-derived-food-ready-scientific-evaluation>].
25. LARCO, V. España, en el tercer puesto de países europeos que más apuestan por la carne cultivada *e/Diario.es* 2023 [Available from: https://www.eldiario.es/caballodenietzsche/carne-cultivada-innovacion-ue-agricultura-celular_132_9855565.html].
26. REBECA, C. Italia declara la guerra a la «carne in vitro» mientras España invierte en un laboratorio de «carne cultivada» en San Sebastián: La Gaceta de la Iberosfera; 2023 [Available from: <https://gaceta.es/espana/italia-le-declara-la-guerra-a-la-carne-in-vitro-y-espana-invierte-en-un-laboratorio-de-carne-cultivada-en-san-sebastian-20230420-0600/>].
27. AENOR. Informe tendencias de consumo y su relación con el bienestar animal 2023. Available from: www.aenor.com.
28. CRISTINA, J. Sostenibilidad y salud marcan las tendencias de consumo en alimentación para 2023 Mercacei; 2023 [Available from: <https://www.mercacei.com/noticia/58250/actualidad/sostenibilidad-y-salud-marcan-las-tendencias-de-consumo-en-alimentacion-para-2023.html>].