



Conscientifica

Retos que enfrenta la carne sintética para su incorporación en el mercado

Carne sintética: del laboratorio a su mesa

Resumen

A través de los años, la explotación de recursos naturales para satisfacer las necesidades básicas del ser humano aumenta exponencialmente. Si bien los alimentos impulsan nuestra vida diaria, su producción contribuye al cambio climático. A raíz de ello, han surgido diversas tendencias que buscan disminuir la huella ecológica, destacándose el consumo sostenible. Pese a su enfoque en la ética y ambientalismo, muchas personas aún encuentran difícil renunciar a la carne convencional. En este artículo, exploramos la carne sintética como una opción revolucionaria, analizando técnicas y su potencial para cubrir las demandas culinarias, así como los aspectos éticos y limitaciones.

Palabras clave: Carne de laboratorio, cultivo celular, medio de cultivo y regulación.

Las costumbres y tradiciones definen la diversidad de cada país, y dentro de estas manifestaciones, la gastronomía es lo más destacado para la población. Los alimentos se consideran indispensables, ya que son una necesidad básica de sustento. Como individuos, pertenecer a una determinada cultura define en gran medida la dieta que llevamos, pero gracias a la globalización, contamos con acceso a una enorme variedad de recetas culinarias.

*Ilse Lilian Reyes Campos¹
Minji Gallegos Muñoz¹
Elda A. Flores Contreras^{1,2}*

¹Tecnológico de Monterrey, School of Engineering and Sciences, Monterrey 64849, Mexico.

²Institute of Advanced Materials for Sustainable Manufacturing, Monterrey 64849, Mexico.

*Autor para la correspondencia:
eldafc@tec.mx

Los alimentos de origen animal son una de las principales fuentes de energía en los humanos. En este sentido, las actividades pecuarias contribuyen en un 40-50% del Producto Interno Bruto (PIB) agrícola en el mundo y serán una fuente importante de ingresos para países emergentes [1].

Es importante resaltar que el planeta posee recursos naturales limitados y la demanda de los mismos crece a pasos agigantados. Entre las industrias de alimentos más contaminantes se encuentra la ganadera, responsable de contribuir en un 12-18% anual a las emisiones de gases de efecto invernadero. Ya que para producir un bistec de 0.23 kg, se requieren 1.6 kg de alimento y aproximadamente 3,515 litros de agua. Las cuales son cifras realmente alarmantes [2].

Una alternativa para disminuir la contaminación proveniente de la producción de carne, surge con la llegada de la carne sintética al pro-

yectar una reducción significativa de 78-96% en las emisiones y al utilizar únicamente una décima parte de la tierra [2]. A partir de este parteaguas en la historia de la alimentación humana, se inician una serie de retos y oportunidades para la búsqueda de un mundo más sostenible. El presente artículo se enfoca en dar a conocer con mayor profundidad cada una de las matices involucradas en la obtención de este producto biotecnológico, con la finalidad de brindar a las personas la oportunidad de incorporar esta tecnología como un sustituto ideal dentro de su dieta diaria.

¿Qué es la carne sintética?

Es carne que se cultiva en un laboratorio en condiciones controladas, por ello también se conoce como carne *in vitro*, y su producción consiste en el uso de un medio de cultivo especializado que permite crecer y multiplicarse a las células provenientes de fibras musculares que se encuentran fuera del animal. Para poder producir 1 kg de carne se deben cultivar alrededor de 50,000 millones de células [3].

Técnicas de cultivo

El desarrollo de carne en laboratorio, se basa en el uso de células mioblastos (células

satélites) como elemento de partida para poderlos diferenciar fácilmente en miotubos (células musculares inmaduras) y miofibrillas, que crecen bajo condiciones controladas *in vitro* en botellas de cultivo. El medio de cultivo contiene factores de crecimiento y nutrientes celulares exclusivos de la fase de proliferación y la fase de diferenciación, los cuales son aptos para la línea celular obtenida a partir de una biopsia. Esto con el fin de permitir que las células se puedan replicar y prevenir la contaminación. Además, se hace uso de la ingeniería de tejidos para proveer un andamiaje que permita su buena organización y ensamblaje. Para realizar la producción a gran escala se emplean biorreactores bajo condiciones óptimas para el continuo cultivo de las células (Figura 1). Posteriormente, se recolectan tiras de músculo que son procesadas con la finalidad de añadir diversos compuestos que permitan mejorar el valor nutricional, sabor, color y textura de la carne [4]. El proceso descrito anteriormente se puede apreciar mejor en la Figura 2.

La carne producida en condiciones *in vitro* posee vasculatura y grasa intramuscular; y mediante bio-impresión 3D se pueden realizar cortes más específicos de carne (asados, bis-

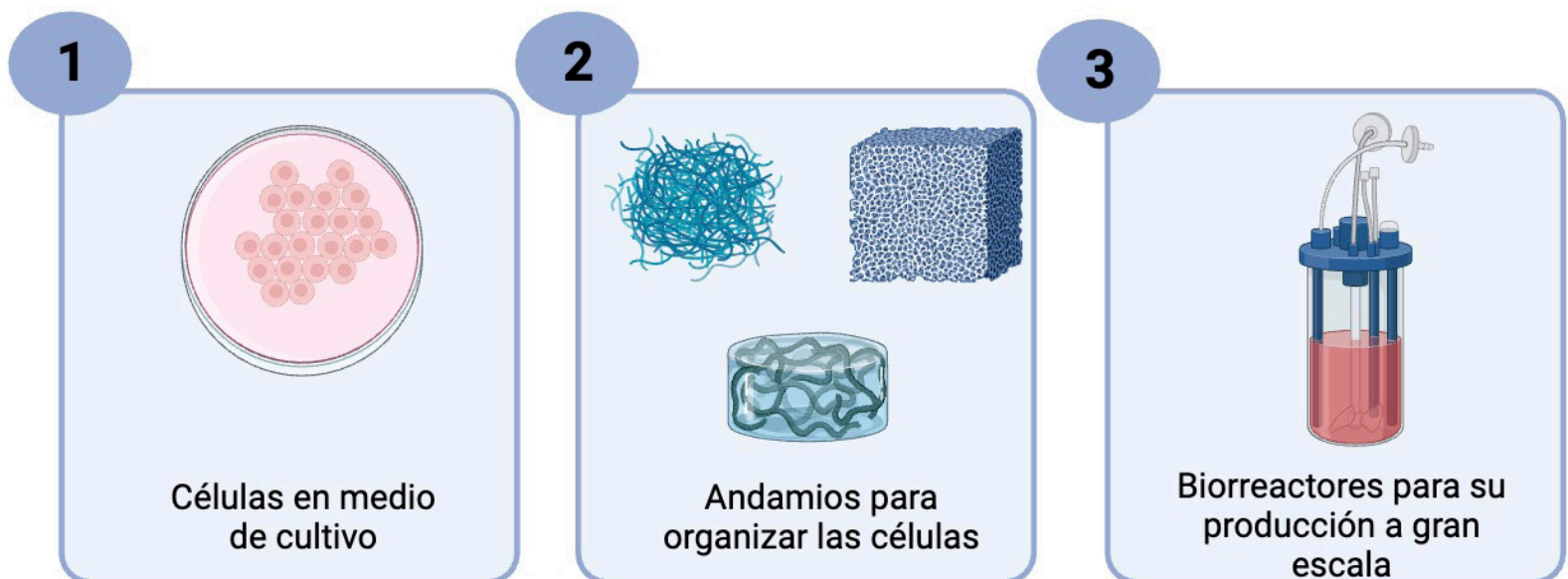


Figura 1. Esquema representativo de la etapas necesarias para le desarrollo de carne sintética. (1) Crecimiento de las células en condiciones *in vitro*. (2) Empleo de andamios para organizar y ensamblar las células. (3) Producción a gran escala mediante Biorreactores.

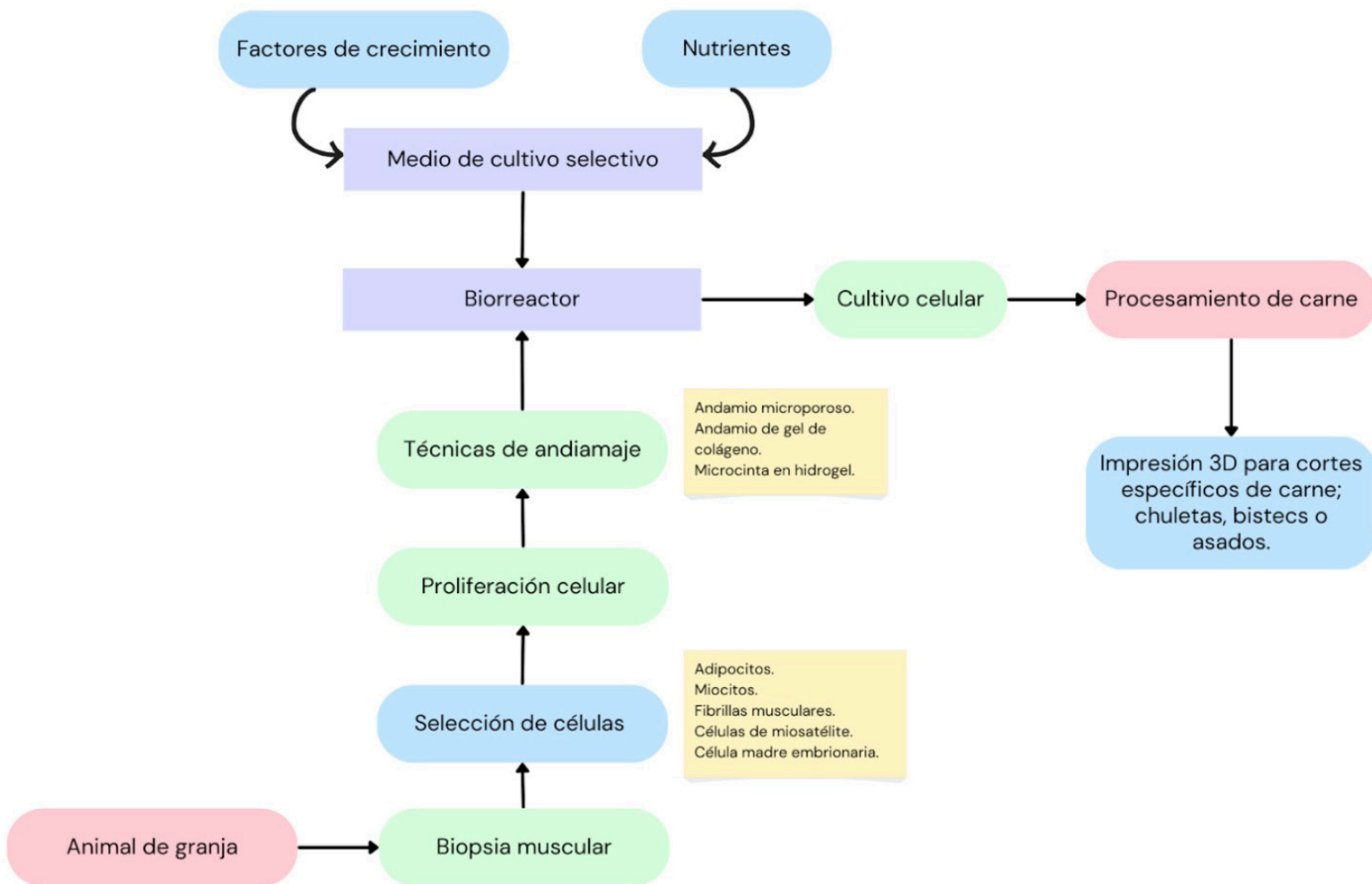


Figura 2. Diagrama que muestra paso a paso el proceso empleado para la síntesis de carne sintética

tecs o chuletas). Sin embargo, la carne sintética presenta varios problemas al momento de ser aplicada; como las propiedades reológicas de la biotinta, la poca capacidad de escalabilidad y un alto costo de producción, por lo que su uso óptimo se destina a inducir distintos tipos de músculos y hasta órganos en condiciones *ex vivo* [5].

Consideraciones éticas

En medida de lo posible, la carne sintética tiene como objetivo disminuir el maltrato animal ocasionado por la industria ganadera, lo cual la ha posicionado como una alternativa relevante para la dieta de muchas personas que protegen los derechos de los animales. Desafortunadamente, el Suero Fetal Bovino (SFB) es un reactivo usado para proveer los factores de crecimiento, obteniéndose de la sangre reco-

lectada del ganado mediante punción cardiaca o umbilical, provocando así la muerte de la madre y el feto [6].

Otro punto importante, son los costos de producción. A pesar, que el costo ha disminuido para ser más accesible, la carne sintética sigue siendo vista como un lujo por el precio de venta elevado. En este sentido, 1 kg cuesta \$80 USD, mientras que el precio de venta de la convencional es de \$5.6 USD [7].

A pesar de que la carne cultivada en laboratorio atrae a personas que buscan reducir su consumo, un estudio global en el año 2020 con 6,128 participantes mostraron inconformidad al ingerir la carne sintética, indicando que es antinatural y antiética su producción. Se espera que la aceptación sea lenta, ya que los consumidores prefieren opciones convencionales.

Esto permitirá que los granjeros de la industria cárnica no se vean afectados económicamente a corto plazo [8, 9].

Por encima de los argumentos mencionados, la biotecnología sigue en auge y las empresas procuran constantemente cubrir las necesidades más exigentes de los usuarios.

Aspectos legislativos y religiosos

Uno de los países que tiene una gran inversión de \$507 M USD en carne sintética es Israel, lo cual permite analizar cómo han abordado los aspectos legislativos y religiosos de esta novedosa industria. Aunque aún no está en el mercado, la ley exige certificaciones de *Buenas Prácticas de Manufactura (GMP)* y *Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP)* para su venta, con inspecciones gubernamentales regulares para proveer al consumidor un alimento seguro que cumpla con los estándares de calidad [10].

De igual forma, para su etiquetado, el Ministerio de Salud enfatiza en que deberán de señalar al consumidor la línea celular empleada, el porcentaje de células del total de la masa del producto, terminología establecida por el organismo regulatorio y la información que se requiere en un etiquetado convencional [10].

Dentro del judaísmo e islam, la carne sintética debe cumplir con estándares Kosher y Halal; es decir evitar el sufrimiento animal. En el 2022, algunos rabinos consideraron que la carne sintética derivada de células madre embrionarias bovinas es “Kosher Parve”, es decir, que si podría ser consumida. Sin embargo, debido a las numerosas certificaciones religiosas, hay dificultad para llegar a un consenso en ambos puntos de vista [10].

Limitantes

La producción de carne sintética es un proceso costoso y requiere una inversión inicial alta para la comercialización a gran escala, convirtiéndose en la mayor limitante dentro de la lucha contra la carne convencional [5]. Esto se debe principalmente por el SBF, que puede

llegar a representar entre el 55-95% de costos de producción, dependiendo de la cantidad empleada por la compañía [11].

En el ámbito social, numerosas encuestas indican una disposición inicial a probarla, sin embargo, el éxito a largo plazo y el comportamiento de compra son inciertos. Regularmente se presentan inquietudes sobre la percepción del sabor, la textura y la seguridad, sumado a la constante angustia por la “falta de naturalidad”. Para aclarar estas preocupaciones e impulsar la aceptación generalizada, recordemos que “no todo lo que es natural, sólo por el hecho de serlo, significa que sea bueno”.

Otra de las barreras es que la producción se lleva a cabo en pequeñas cantidades dentro de laboratorios especializados, pero se necesita una transición hacia lo industrializado, lo que a su vez plantea problemas técnicos y logísticos. Dado que los medios de cultivo utilizados deben guiar la diferenciación celular hacia la formación de tejido muscular, es preciso establecer un entorno de cultivo estéril y controlado.

Por su parte, la replicación del sabor y textura de la carne convencional es un obstáculo considerable. Los perfiles específicos tan atractivos no provienen de un solo compuesto, sino de una combinación compleja de moléculas, incluidos aminoácidos, grasas, azúcares y compuestos volátiles, así como de la estructura fibrosa y las características de retención de agua de la carne animal.

La superación de estos desafíos es fundamental para lograr una producción a gran escala rentable, garantizar la aprobación del consumidor y cumplir con los estándares nutricionales y regulatorios.

Perspectivas futuras

El futuro de la carne sintética es prometedor y sugiere un crecimiento significativo en los próximos años. De acuerdo con las predicciones, la carne cultivada sustituirá a su contraparte tradicional ya que sus ventajas competitivas superarán los problemas vinculados con la

presencia de toxinas, antibióticos y hormonas [5].

A medida que avanza la tecnología y se reducen los costos de producción, se espera que la carne sintética se vuelva más accesible y común en el mercado. Se están realizando grandes inversiones en investigación y desarrollo para mejorar la eficiencia de producción, aumentar la escala y perfeccionar sus atributos sensoriales.

Como ya se ha visto, el impacto de la producción de carne tradicional es devastador para la madre tierra. Por fortuna, la carne sintética ofrece reducir drásticamente estas complicaciones al utilizar menos recursos naturales. Pero aún existen algunos retos por vencer como es el uso del SBF, por lo cual es necesario que a la brevedad se desarrolle un sustituto, que proporcione los nutrientes necesarios para la carne sintética.

Cuantas más empresas ingresen al mercado de la carne sintética y se establezcan regulaciones adecuadas, es altamente probable que se introduzcan una mayor variedad de productos para su disponibilidad inmediata. No solo se limitará a hamburguesas, sino que también se espera el desarrollo de filetes, pollo y mariscos.

Finalmente, el verdadero éxito sólo puede producirse una vez que nuestro objetivo como sociedad sea lograr, con el paso del tiempo, una transición hacia un sistema alimentario más equilibrado y consciente, donde la carne sintética desempeñe un papel fundamental en la alimentación mundial. **iBIO**

Agradecimientos

A la Dra. Elda A. Flores-Contreras, a la Dra. Elda M. Melchor Martínez y al Dr. Roberto Parra Saldívar, quienes han estado involucrados en el asesoramiento de este proyecto.

Referencias

[1] Balasubramanian, B., Liu, W., Pushparaj, K., & Park,

S. (2021). The epic of in vitro meat production—a fiction into reality. *Foods*, 10(6), 1395. <https://doi.org/10.3390/foods10061395>

[2] González, N., Marquès, M., Nadal, M., & Domingo, J. L. (2020). Meat consumption: Which are the current global risks? A review of recent (2010–2020) evidences. *Food Research International*, 137, 109341. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109341>

[3] Gauna, D. H. & Perez Filgueira, D. M. (2018). *Carne sintética: 10 Interrogantes en la era de la producción 4.0*. Instituto de Investigación en Prospectiva y Políticas Públicas, CICPES, INTA. <https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/4515>

[4] Arshad, M. S. et al. (2017) Tissue engineering approaches to develop cultured meat from cells: A mini review. *Cogent Food & Agriculture*, 3(1), 1320814. <https://doi.org/10.1080/23311932.2017.1320814>

[5] Tibrewal, K., Dandekar, P., & Jain, R. (2022). Extrusion-based sustainable 3D bioprinting of meat & its analogues: A review. *Bioprinting*, 29, e00256. <https://doi.org/10.1016/j.bprint.2022.e00256>

[6] Chriki, S., & Hocquette, J. F. (2020). The myth of cultured meat: a review. *Frontiers in nutrition*, 7, 7. <https://doi.org/10.3389/fnut.2020.00007>

[7] Gaydhane, M. K., Mahanta, U., Sharma, C. S., Khandelwal, M., & Ramakrishna, S. (2018). Cultured meat: state of the art and future. *Biomanufacturing Reviews*, 3, 1-10. <https://doi.org/10.1007/s40898-018-0005-1>

[8] Ponte, N. (2023). *El futuro de la alimentación: los sustitutos de la carne y la percepción de consumo en Argentina* [Trabajo Final Integrador, Universidad ISALUD] Repositorio Institucional Digital. <http://repositorio.isalud.edu.ar/xmlui/handle/123456789/562>

[9] Zúñiga Reynoso, G. V., Cruz Benítez, W. S., Mendoza Herrera, V., González Mendoza, N., Pérez Zavala, M. de L., Barboza Pérez, U. & Barboza Corona, J. E. (2021). Agricultura celular: produciendo alimentos y otros productos sin el uso de animales o plantas. *JÓVENES EN LA CIENCIA*, 10. <https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/3301>

[10] World Health Organization. (2023). *Food safety aspects of cell-based food*. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240070943>

[11] Soucase Gómez, J. (2021). *Alimentos sintéticos y su proyección de futuro: aspectos legales, medioambientales y éticos* [Trabajo Final de Grado, Universitat Politècnica de València]. Repositorio Institucional UPV. <https://riunet.upv.es/handle/10251/173919>