

Carne cultivada en biorreactores: la nueva forma de producir carne, lejos del sacrificio animal y del detrimento ambiental

CAROLINA ZULETA-CASTRO Y MARIO RODRÍGUEZ-MONROY

Carolina Zuleta Castro es Ingeniera Biológica y realizó sus estudios de Maestría y Doctorado en Biotecnología en la Universidad Nacional de Colombia. Sus temas de investigación se han enfocado en el cultivo de células vegetales en biorreactores para su uso como agentes antimicrobianos y como bioinsecticidas. Actualmente se desempeña como Coordinadora de Proyectos I+D+i de Grupo BIOS, Colombia. Mario Rodríguez Monroy es Biólogo, con estudios de Maestría y Doctorado en Biotecnología en el CINVESTAV y en la UNAM, respectivamente. Es investigador Nacional Nivel II y miembro de la Academia de la Ciencias de Morelos. Es profesor de tiempo completo en el Centro de Desarrollo de Productos Bióticos del Instituto Politécnico Nacional CEPROBI-IPN y participa en los Programas de Posgrado: Maestría y Doctorado en Desarrollo de Productos Bióticos. Su área de estudio es la Biotecnología y en particular el empleo de biorreactores.

Esta publicación fue revisada por el comité editorial de la Academia de Ciencias de Morelos.

La producción de proteína animal en biorreactores es una de las nuevas y más prometedoras alternativas que se desarrollan (a nivel mundial), para la obtención de este tipo de alimento. Esta área aún requiere de investigación y surge de la necesidad inminente que tiene el sector agroindustrial de generar nuevas e innovadoras tecnologías que respondan a los problemas de abastecimiento de carne y de contaminación ambiental que se generan durante el pastoreo y en las granjas de producción.

Problemas de alimentación con carne en el mundo

La carne, como coloquialmente se le conoce al tejido animal, principalmente muscular y consumido como alimento en la dieta humana, es una fuente habitual de proteínas, grasas y minerales (Real Academia Española, 2023). En gran proporción, la carne consumida por los seres humanos deriva de otros mamíferos como el ganado ovino, bovino o porcino (carne roja) y de las aves de corral (carne blanca). Si bien, todos los productos derivados de animales han sido increíblemente positivos para el desarrollo de la sociedad, la producción convencional de carne (o pastoreo) demuestra ser más destructiva que beneficiosa, pues el auge de las granjas industriales ha llevado a que más de tres cuartas partes de las tierras agrícolas del mundo sean empleadas con dicho propósito. Lo anterior, ha generado un impacto ambiental desfavorable, que se ve claramente reflejado en el desequilibrio de los ecosistemas, debido entre

otros, a los desechos de los animales que son contaminantes del agua, del suelo y del aire. Particularmente, la liberación del metano que generan los animales rumiantes durante la digestión, lo cual contribuye al efecto invernadero que enfrenta el planeta, que ocasiona patrones climáticos alterados y mayores tensiones ambientales (salinidad del suelo, sequía, etc.) y la aparición de nuevas enfermedades e insectos, esbozan un panorama poco favorable en el que se vislumbra y desdibuja el anhelado alcance de la seguridad alimentaria. Es por ello, que la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) señala a la producción pecuaria como uno de los principales protagonistas de la problemática ambiental a nivel mundial (FAO, 2009).

Por otra parte, el rápido crecimiento de la población mundial, de la mano con la transformación de sus preferencias alimentarias, marcan un acelerado incremento en la demanda de productos cárnicos, a la vez que la globalización impulsa el comercio de insumos y productos. En la Figura 1, se presenta un mapa que ilustra el consumo de carne en los diferentes países del planeta. Se destacan los Estados Unidos, Australia, Nueva Zelanda y Argentina como los cuatro países que superan los 100 kg de consumo de carne por persona al año. En México el consumo es de 50-100 Kg de carne por persona al año y debe haber marcadas diferencias entre los estados de la república. La FAO pronosticó en 2009, que la producción mundial de carne se podría incrementar a más del doble, pasando de 229 millones de toneladas en 1999 a 465 millones de toneladas para 2050. Para 2021, el consumo mundial de carne superó, en más del doble, el registrado en 1990, situándose por encima de los 328 millones de toneladas métricas. La demanda de carne de aves fue la que más aumentó en dicho periodo, pasando de 34.6 millones de toneladas, en 1990, a cerca de 132.5 millones, en 2021 (Statista, 2022). De esta forma, ha logrado convertirse en la carne de mayor acogida entre la población, en las últimas décadas.

En consonancia con el incremento de la población mundial, el consumo y demanda de carne también crecen y a su vez reclaman nuevas alternativas de producción que satisfagan dicha necesidad, pero mitigando los riesgos, pues el impacto ambiental por unidad de producción ganadera, por ejemplo, ha de reducirse a la mitad si quiere evitarse que incremente el nivel de los daños actuales asociados a ella. Es por ello por lo que el *Cultivo de Carne en Biorreactores* se contempla como una alternativa que, en el futuro, puede solventar la demanda de una población en crecimiento, sin que su producción implique la tenencia obligatoria de animales, en el campo o

Consumo de carne (kilos por persona y año)

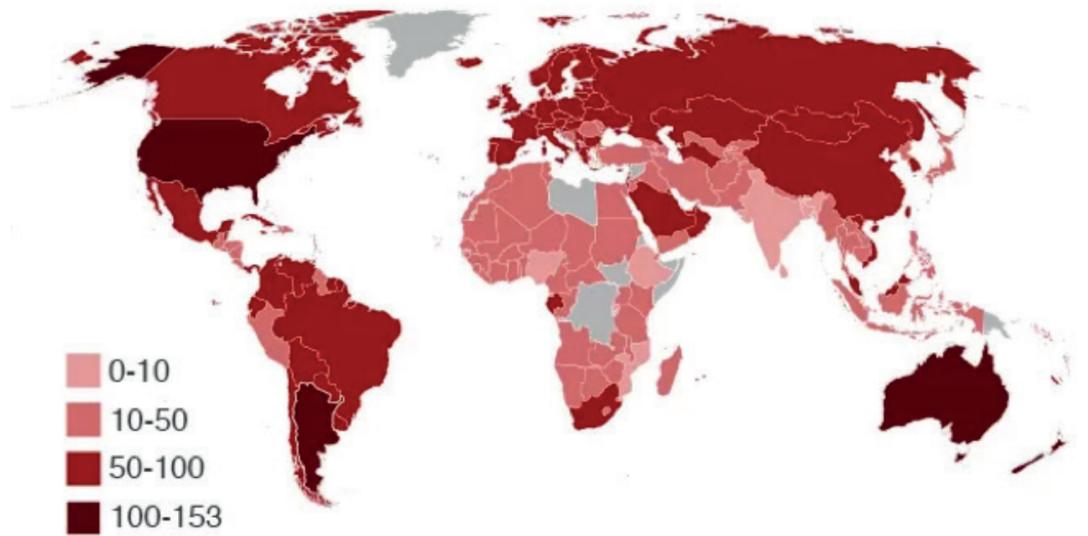


FIGURA 1. CONSUMO mundial de carne (TOMADO DE [HTTPS://WWW.BBC.COM/MUNDO/NOTICIAS-47119001](https://www.bbc.com/mundo/noticias-47119001))

en granjas.

¿Cómo se logra el cultivo de las células animales hasta los tejidos en biorreactores?

El cultivo de carne comienza con la obtención de las células de los tejidos animales (generalmente musculares). Para lograrlo, es necesaria obtener una muestra de células animales, por medio de una *biopsia*. Las células extraídas son llevadas al laboratorio y posteriormente caracterizadas y dispuestas en *bancos celulares*, este proceso se realiza una sola vez y no se requiere estar haciendo una biopsia cada vez que se inicia la producción masiva de los tejidos animales. Las células aisladas demandan el abastecimiento de nutrientes, entre los que se incluyen proteínas, sales minerales, glucosa, lípidos y otros, indispensables para su desarrollo. En consecuencia y para garantizar dicho requerimiento, se diseñan medios de cultivo a base de suero fetal bovino, ricos en albúmina, glucosa, ácidos grasos, vitaminas y que muy particularmente deben contener un grupo de sustancias que regulan la proliferación y promueven el desarrollo celular (conocidos como "factores de crecimiento"). No obstante, hay un punto en el proceso que demanda atención urgente e investigaciones más profundas y es el hecho de que los componentes de dichos medios de cultivo deben ser aptos para emplearse en la alimentación humana y tener el costo más bajo posible. Hasta el momento de establecer los *bancos celulares*, las células no tienen una

identidad determinada (son células no diferenciadas, como las células satélite musculares) pero el medio de cultivo y el recipiente contenedor (biorreactor) les garantizan todos los nutrientes y condiciones que favorecen su desarrollo y multiplicación celular, en una etapa del proceso llamada *proliferación*. Lo que sucede a continuación, es una transformación mediada por modificaciones controladas en el medio de cultivo, las señales mecánicas y la interacción entre las células y el soporte usado para que se adhieran, hasta que, finalmente, las células se convierten en células musculares, grasas o conectivas. Esta fase de *diferenciación* celular promueve la maduración del tejido producido confiándole textura fibrosa (otorgada por las células musculares) y diferentes perfiles de aroma, sabor y color (gracias a las células adiposas). En última instancia, se lleva a cabo la *formulación* de los tejidos obtenidos con otros ingredientes de origen vegetal, aglutinantes, saborizantes o funcionales que, al ser incorporados e impresos, mediante una tecnología de impresión en 3D, derivan en productos alimenticios (Stout y col, 2023). En resumen, de un "puñado de células" que se cultiva en el laboratorio puede convertirse en un jugoso "beef steak", empaquetado y llevado para su consumo (Figura 2). Briggs (2019) publicaron un video que resulta muy ilustrativo del proceso. Figura 2. Producción de carne cultivada en biorreactores. (Figura hecha por los autores).

ESTADO ACTUAL DE LA PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE CARNE EN BIORREACTORES

Francis (2023), ha reportado que compañías como *Upside Food* (que ha investigado y avanzado notoriamente en la producción de carne cultivada (<https://upsidefoods.com/>

food)) ha recibido, por parte de la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA, EU), la aceptación de que su carne de pollo producida en biorreactores, es indistinguible de la carne obtenida de aves crecidas en granjas y que es apta para el consumo humano. Si bien, la compañía aún requiere aprobaciones adicionales para poder vender sus productos, esto constituye un hito fundamental para el sector e incentiva al desarrollo de esta industria biotecnológica, pues deja a la vista la posibilidad de encontrar, en el futuro cercano, carne cultivada en biorreactores para venta en los supermercados. Por otra parte, aunque esta nueva tendencia en la *Producción de Carne en Biorreactores*, promete grandes beneficios a los amantes de la carne, todavía existen retos que deben superarse. El costo de inversión para la instalación de una planta de producción de carne cultivada y los costos de las materias primas y de operación de la planta, son elevados. Otro agravante para la producción masiva de este alimento, es que el escalado del proceso demanda materias primas en cantidades industriales (para los medios de cultivos celulares) que hasta la fecha no se encuentran disponibles en el mercado. Adicionalmente, se requieren biorreactores diez veces más grandes que los empleados en la industria farmacéutica (más de 25 000 l), a fin de que la carne cultivada en biorreactores sea costo-competitiva con la ganadería regular. No obstante, y siendo aún coyuntural en el proceso, esto bien podría verse como una nueva oportunidad de negocio para los cazadores de retos de innovación. Por ejemplo, los factores de crecimiento, representan hasta el 90% de los costos totales, pero ya se adelantan investigaciones en el campo de la biología molecular que apuntan a la producción de dichos componentes mediante recombinantes expresados en bacterias de *Escherichia*

coli (Meenakshi y col, 2022). Francis (2023) también señala que en el 2013 fue servida la primera hamburguesa, a base de carne cultivada. Para ese entonces, una rodaja de carne costó USD 330.000 y aunque ha sido notorio el desplome de ese valor, en la última década, el precio actual de los productos a base de células animales, aún no se asemeja al de la carne convencional, pues se estiman unos USD 100 para un cuarto de libra de carne cultivada, servida en un restaurante. Sin embargo, empresas como *Eat Just*, que en 2020 logró vender por primera vez carne cultivada de pollo en Singapur, esperan para 2030 alcanzar la paridad con los precios de la carne tradicional.

CONCLUSIÓN Y PERSPECTIVAS

La incertidumbre asociada a la escasez mundial de alimentos demanda el desarrollo urgente de nuevas formas de producción de nutrientes, ambientalmente sostenibles y que garanticen el bienestar animal. Con el rápido progreso en la ingeniería de tejidos y los recientes diseños de biorreactores más modernos se ha logrado el cultivo de carne, que, a su vez, se ha perfilado como una solución potencial para mitigar esta gran preocupación. No obstante, no puede desconocerse la complejidad inherente a este tipo de tecnología que, si bien promete complementar e incluso reemplazar la carne tradicional, aún debe resolver numerosos desafíos (en términos de eficiencia productiva) que exigen la integración de la investigación multidisciplinaria. Muy probablemente en los años venideros tendremos la oportunidad de comer carne producida en biorreactores y ser testigos de una nueva forma de producción de carne.

Bibliografía

Briggs, H. 2019. La carrera por producir carne artificial y cómo puede cambiar la forma en la que comemos. BBC News Mundo. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-47625178>. (14 de abril de 2023).
Francis, A. 2023. Will I See Lab-Grown

Meat in Supermarkets Any Time Soon? Bon Appétit. <https://www.bonappetit.com/story/lab-grown-meat> (14 de abril de 2023).

Meenakshi Venkatesan, Cameron Semper, Stig Skrivergaard, Rosa Di Leo, Nathalie Mesa, Martin Krøyer Rasmussen, Jette Feveile. 2022. Recombinant production of growth factors for application in cell culture. *Science* 25(10). <https://doi.org/10.1016/j.isci.2022.105054>.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2009. "La Larga sombra del ganado". <https://www.fao.org/3/a0701s/a0701s.pdf>. (14 de marzo de 2023)

Real Academia Española. 2023. "Carne". <https://dle.rae.es/carne>. (14 de marzo de 2023).

Statista. 2022. "Volumen de carne consumida a nivel mundial de 1990 a 2021, por tipo de carne" <https://es.statista.com/estadisticas/1330024/consumo-de-carne-a-nivel-mundial-por-tipo/> (14 de marzo de 2023).

Stout, A. J, Kaplan, D.L, Flack, J.E. 2023. Cultured meat: creative solutions for a cell biological problem. *Trends in Cell Biology* 33(1). <https://doi.org/10.1016/j.tcb.2022.10.002>

Lecturas sugeridas

<https://acmor.org/publicaciones/biotecnologia-a-de-la-espirulina-a-la-carne-cultivada>
<https://acmor.org/publicaciones/fuimos-y-seremos-lo-que-comemos>

Esta columna se prepara y edita semana con semana, en conjunto con investigadores morelenses convencidos del valor del conocimiento científico para el desarrollo social y económico de Morelos. Desde la Academia de Ciencias de Morelos externamos nuestra preocupación por el vacío que genera la extinción de la Secretaría de Innovación, Ciencia y Tecnología dentro del ecosistema de innovación estatal que se debilita sin la participación del Gobierno del Estado.

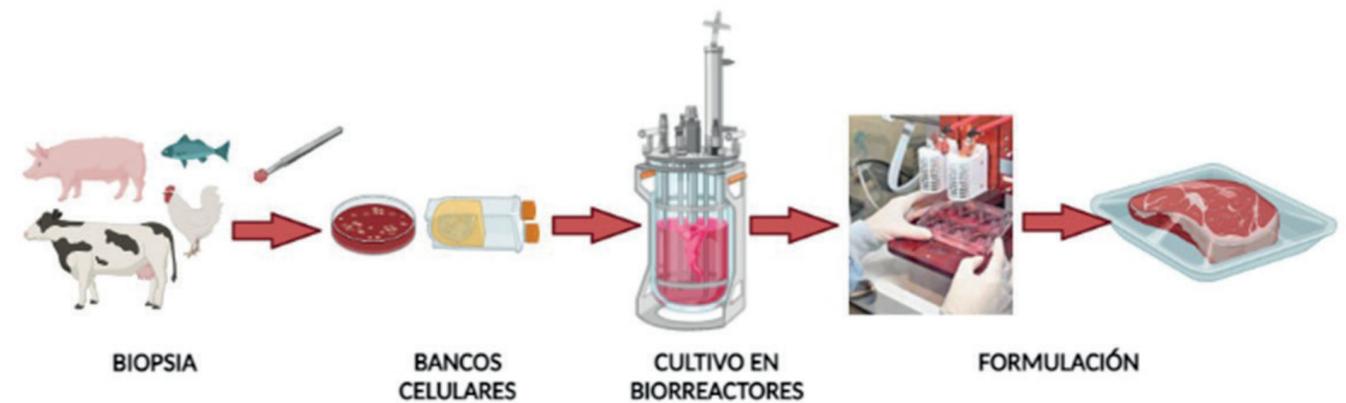


FIGURA 2. PRODUCCIÓN de carne cultivada en biorreactores. (Figura hecha por los autores).