

## Agricultura celular: produciendo alimentos y otros productos sin el uso de animales o plantas

Gabriela Valeria Zúñiga Reynoso<sup>1</sup>, Wanda Shunashy Cruz Benítez<sup>2</sup>, Valeria Mendoza Herrera<sup>2</sup>, Naomi González Mendoza<sup>3</sup>, Ma. de Lourdes Pérez Zavala<sup>4</sup>, Uriel Barboza Pérez<sup>5</sup>, José Eleazar Barboza Corona<sup>5\*</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Química, División de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad de Guanajuato, Campus Guanajuato; <sup>2</sup>Departamento de Biología, División de Ciencias Naturales y Exactas, campus Guanajuato; <sup>3</sup>Departamento de Ingeniería Agroindustrial, División Ciencias de la Salud e Ingenierías, Campus Celaya-Salvatierra; <sup>4</sup>Departamento de Agronomía, División de Ciencias de la Vida Campus Irapuato-Salamanca; <sup>5</sup>Departamento de Alimentos, División de Ciencias de la Vida Campus Irapuato-Salamanca. \*correo electrónico: josebar@ugto.mx

### Resumen

La agricultura celular consiste en la obtención de productos para consumo humano usando células, las cuales pueden ser parte de un cultivo celular (animal o vegetal) o células individuales como las bacterias y levaduras. Esta forma de producir alimentos puede ayudar a disminuir el impacto ambiental, la obtención de productos puros e inoocuos, a los cuales se les pueden mejorar sus propiedades. Los productos derivados de la agricultura celular se clasifican en dos tipos: acelulares y celulares. En el primer tipo (acelular) se sintetizan proteínas de origen animal (ejemplo caseína) en bacterias y levaduras con las cuales se pueden formular productos como los helados, quesos, cremas. En el segundo tipo (celular), productos como la carne son obtenidos a través de cultivos celulares. En este trabajo nuestro objetivo fue conocer cómo nació la agricultura celular, en que consiste los productos celulares, acelulares, que implicaciones tiene en el impacto ambiental y que empresas o Startups se encuentran trabajando en esta área. Un desafío importante será lograr que los productos obtenidos por agricultura celular sean no solo idénticos a los que se encuentran en la naturaleza, sino también económicamente viables.

**Palabras clave:** Cultivo de tejido animal; productos celulares, productos acelulares; impacto ambiental; proteínas animales.

### Introducción

La humanidad ha sufrido problemas serios a lo largo de su historia, entre los que se encuentran hambrunas, epidemias, terremotos, inundaciones, etc. En estos momentos estamos padeciendo una pandemia ocasionada por el virus SARS-CoV-2 que ha obligado al distanciamiento social y ha afectado las cadenas de suministros de alimentos (Aday y Aday 2020). Asimismo, se estima que la población mundial crecerá hasta 11.2 billones en el 2100 (Worldometer, 2021). Debido a lo anterior, y con el fin de asegurar el suministro de alimentos a una población cada vez más creciente, se requiere por un lado tecnificar la cadena productiva desde el campo hasta la mesa, que sean más sustentables y que contribuyan a evitar el calentamiento global. Además, encontrar formas alternativas de alimentos que satisfagan las necesidades de una población preocupada por el maltrato animal, y que evita el consumo de productos obtenidos directamente de ellos (Mellon 2020).

El desarrollo de la ciencia y tecnología ha avanzado a pasos gigantes, y la biotecnología y bioingeniería han tenido un papel muy importante en la obtención de productos como la insulina que de otra forma sería imposible satisfacer una demanda del sector salud. Asimismo, existen grandes avances en el estudio de los cultivos celulares, no solo para la producción y conservación de plantas, sino también enfocados a la producción de órganos que ayudaría enormemente a una población necesitada de trasplantes (Steven 2017). Precisamente este tipo de tecnología que llevan tiempo aplicándose en la obtención de diversos productos, pueden ser usados para producir alimentos. En otras palabras, la agricultura celular toma como base tecnologías que llevan ya años aplicándose. De manera sencilla la agricultura celular se puede dividir en dos grandes ramas: La producción de carne o proteína vegetal usando cultivos celulares, y la obtención de proteínas de origen animal usando microorganismos como fábricas celulares.

## La agricultura celular, una opción para producir proteína de origen animal y vegetal

La agricultura celular es una tecnología emergente en la cual los alimentos se obtienen a partir de cultivos celulares en lugar de emplear organismos enteros (plantas o animales). Estos cultivos celulares pueden ser de origen animal o vegetal o bien, ser simplemente células individuales como las bacterias y levaduras. Los cultivos celulares se usan para producir por ejemplo carne, y los productos son conocidos como celulares. En cambio, el uso de células como las bacterias y levaduras son usadas como fábricas para producir proteínas que solamente se encuentran en los animales, como la caseína y ovoalbumina (Kadim et al., 2015; Waschulin y Specht, 2018).

### Historia de la agricultura celular

A pesar de que la agricultura celular es conocida como una tecnología emergente, sus antecedentes vienen de varios años atrás. La insulina animal, aun cuando no es usada como un alimento, se considera el primer producto de la agricultura celular. La insulina se obtenía del páncreas de los cerdos. En 1978 Arthur Riggs, Keiichi Itakura y Herbert Boyer, insertaron el gen que codifica para la insulina humana en una bacteria. Ya que el código genético es universal, la bacteria sintetizó la insulina con una secuencia y función idéntica a la que fabricamos los humanos (New Harvest, 2020; Baeshen et al., 2014), y la cual es usada por personas que sufren diabetes.

Por otro lado, desde 1912 Alexis Carrel mantuvo músculo de corazón de un pollo vivo y latiendo en una caja de petri, demostrando que no se necesita un organismo para mantener tejido vivo si se le añaden los nutrientes correspondientes al medio (Bhat y Faya, 2011). 20 años después, su amigo Winston Churchill en su ensayo "Fifty years hence" concluye que "dentro de cincuenta años escaparemos de la idea absurda de criar un pollo entero para comerse la pechuga o el ala cultivando estas partes por separado en un medio adecuado". Fue hasta el inicio de los años 50 que Willem van Eelen reconoce la posibilidad de generar carne a partir de cultivos de tejido, de tal forma que en 1999 se le otorga una patente por este concepto (Bhat y Faya, 2011). Asimismo, en el 2001, la "Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio" (NASA) llevó a cabo una investigación sobre carne cultivada en laboratorio para alimentar a los astronautas durante su tiempo en el espacio. Un año después fueron capaces de crear músculo de pez dorado (*Carassius auratus*) y el filete que resultó de este cultivo fue aceptado como comida (Benjaminson et al. 2002).

En el 2003 Cattsy Zurr en colaboración con el Centro Médico de Harvard logran mantener vivas y cultivar células de rana obtenidas a partir de una biopsi (Kadim et al., 2015). Posteriormente, en el año 2004 se fundó la organización "New Harvest" que tiene como objetivo apoyar proyectos de investigación relacionados con este tema. El termino Agricultura Celular fue propuesto por primera vez por Isha Datar y la comunidad de NEW harvest en una conversación de Facebook (<https://new-harvest.org/lost-history-naming-cellular-agriculture/>). En este sentido, New Harvest ha apoyado a diversas empresas como "Perfect Day" (<https://perfectdayfoods.com/>) y "Clara Foods" (<https://www.clarafoods.com/>) que se dedican a crear derivados lácteos y de huevo usando levaduras. Posteriormente, en el año 2008 la organización "Personas por el Trato Ético de los Animales" (PETA) lanzó una convocatoria ofreciendo un millón de dólares a quien lograra crear una pieza de pollo viable para el año 2012. En 2013, Mark Post de la Universidad de Maastricht presenta la primera hamburguesa creada en un laboratorio en Londres, proyecto que tuvo un costo aproximado de 325,000 dólares (Fountain, 2013).

Después del 2013 varias empresas en el sector privado y organizaciones comenzaron a incursionar en temas relacionados con la agricultura celular. En 2015 se crea "Modern Agriculture Foundation" en Israel, esta organización se encarga de investigar y producir proteínas alternativas para poder reducir la huella de carbono, disminuir la hambruna mundial, salvar a los animales y a los recursos naturales (Modern Agriculture Foundation, 2020). En ese mismo año, se logró bajar el costo de la carne cultivada en

laboratorio presentada en Londres a un total de 12 dólares, haciendo de esta manera más accesible la carne cultivada en el laboratorio.

Un año después se fundó “The Good Food Institute”, una organización sin fines de lucro cuyo objetivo es acelerar la innovación en el área de proteínas alternativas para disminuir el consumo de productos de origen animal (The Good Food Institute, 2021). Este Instituto apoya diversos proyectos enfocados en la agricultura celular a través de soporte financiero. En este sentido, se han creado diversas empresas que se desarrollan en el área de agricultura celular en las cuales se busca generar proteínas alternativas para sustituir diversos productos de origen animal. Por ejemplo, Upside Foods” (antes “Memphis Meats”) es un ejemplo de las empresas emergentes en el área de agricultura celular, que ha recibido apoyos millonarios. Esta reportó por primera vez la obtención de una albóndiga de ternera en el laboratorio, y el cultivo de carne de pollo y pato. Asimismo, en el 2020 recibieron una inversión de 161 millones de dólares, lo cual es de gran trascendencia para el desarrollo de la agricultura celular y que esta tecnología pueda llegar hasta nuestras mesas (UPSIDE Foods, 2021; The Good Food Institute, 2020).

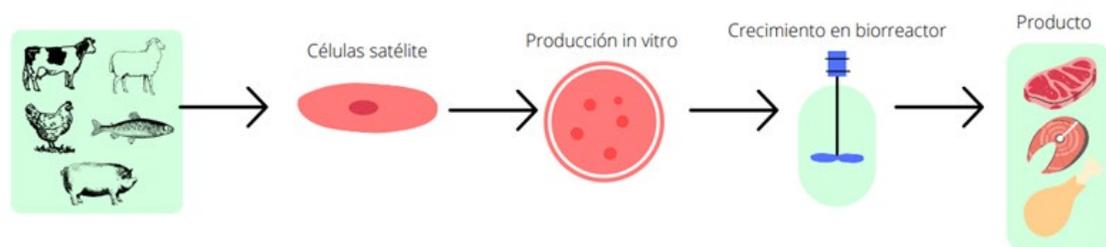
## Productos celulares

La producción de carne a base de células de vacas, borregos, aves y mariscos implica nuevas tecnologías que ayudan a producir directamente solo las partes de los animales que las personas prefieren consumir, en lugar de obtenerlas de animales enteros. A través de la producción *in vitro* de tejido muscular, grasa y conectivo, los productores pueden crear productos alimenticios que asemejan el sabor, la textura, los atributos nutricionales y culinarios de sus contrapartes convencionales (Figura 1) (Hallman y Hallman, 2020).

Las evaluaciones que se hacen para analizar el sabor de la carne generada por agricultura celular son un desafío, ya que este es el resultado la presencia de muchas moléculas entre las que se incluyen aminoácidos, hemoproteínas, compuestos de azufre y carbonilo, lípidos, péptidos cortos y adicionalmente compuestos volátiles (Ben-Arye y Levenberg, 2019).

### Productos cárnicos: vacas, borregos, pollos, gansos

La agricultura celular describe los métodos de producir productos a partir de células, como carne a base de células (Rubio y et al., 2020). Esta carne se deriva de las células musculares y se asemejan mucho más al músculo esquelético post mórtem de especies de ganado (mamíferos, aves y peces). Para ser concisos, el tejido muscular cultivado no es técnicamente carne ya que este último también es un producto de la bioquímica post mortem (Faustman y et al., 2020). Así mismo, es importante conocer que el músculo comprende células musculares (miocitos), células grasas (adipocitos), células de tejido conectivo (fibroblastos) y tejido vascular (células endoteliales) (Warner, 2019). Por otro lado, la tecnología con la cual se relaciona la carne se fundamenta en avances relacionados con la biología de células madre (por ejemplo, células madre pluripotentes inducidas) e ingeniería de tejidos (por ejemplo, injertos de músculos esqueléticos *in vitro*) (Rubio y et al., 2020). De esta manera, el desarrollo de la producción de carne a partir de células implica una serie de principios biológicos relacionados con la forma en que se producen las células musculares *in vivo* (Warner, 2019).



**Figura 1.** Proceso para la obtención de carne a base de células. Las células satélite se obtienen de los animales de consumo (vacas, borregos, aves, peces, puercos, etc.). Estas se diferencian y proliferan en medios de cultivo *in vitro*. Posteriormente se realiza el diseño y crecimiento en biorreactores, se procesa y adquiere el producto que es la carne a base de células.

Los elementos de partida para producir carne a base de células son mioblastos (células satélite). Estos son difíciles de proliferar *in vitro*, pero se diferencian fácilmente en miotubos (células musculares inmaduras) y miofibrillas en las condiciones adecuadas. Para facilitar la replicación de las células satélite del músculo esqueléticos *in vitro*, las células se unen a un sustrato inmóvil, como un andamio o microperla. Para continuar, los mioblastos o células satélite se cultivan en un medio rico en nutrientes, exclusivo de la fase de proliferación y la fase de diferenciación, así como productos para prevenir la contaminación. La mayor parte del contenido y la calidad de las proteínas en estas células musculares cultivadas consiste en proteínas contráctiles; sin embargo, la ingeniería de tejidos podría permitir la expresión de otras proteínas importantes para la textura, el color y el sabor de los productos alimenticios cultivados con células. La ampliación del cultivo de células musculares se realiza en grandes biorreactores a escala industrial, y en estos se recolectan tiras de músculo, se procesan y se agregan varios compuestos para mejorar el valor nutricional, el sabor, el color y la textura. La producción de un corte de carne específico (por ejemplo, bistecs, chuletas o asados) requiere tecnología adicional para organizar las células musculares en la forma y estructura correctas (Faustman y et al., 2020).

### Productos de pescado

El concepto de producir mariscos a partir de cultivos de células y tejidos de peces es un concepto muy interesante, en la cual se pueden combinar principios de ingeniería biomédica con técnicas modernas de acuicultura para lo cual se requiere la optimización de líneas celulares, formulación de medios y diseño de biorreactores (Rubio y et al., 2019). Asimismo, se toma en cuenta que los pescados pueden tener hasta tres tipos de músculos (Kiessling et al., 2006). Un aspecto importante es que los cultivos de células marinas son más tolerables a la temperatura, pH y requisitos de oxígeno en comparación con los cultivos de células de mamíferos (Rubio y et al., 2019), relacionado con las características del tejido muscular en peces.

Adicional a lo anterior, se ha encontrado que las propiedades fisiológicas del cultivo de células y tejidos de peces pueden ser especialmente adecuadas para el cultivo *in vitro*. Por lo que, la tolerancia a la hipoxia, la alta capacidad tampón, las condiciones de crecimiento a baja temperatura, y las capacidades únicas de los andamios amigables con los tejidos de crustáceos, hacen que el cultivo de células marinas sea una oportunidad atractiva para la producción de los mariscos en biorreactores (Rubio y et al., 2019).

### Productos acelulares

En la agricultura celular los productos acelulares están hechos de moléculas orgánicas, ya sea proteínas y grasas. No contienen material celular o vivo en el producto final (New Harvest, 2020). Es decir, utilizan organismos o parte de ellos para la obtención de un producto, por ejemplo: levaduras, hongos, bacteria, etc. Para la producción de los compuestos acelulares se usa la Ingeniería Genética, la cual es un conjunto técnicas y metodologías que permiten aislar y manipular el DNA para introducirlo a células u organismos pluricelulares. Gracias a esta tecnología es posible modificar el contenido genético de células y organismos (Gómez-Márquez, 2013). Los productos acelulares se obtienen en procesos similares a la fermentación tal como en el caso de vinos y quesos. Dos ejemplos importantes acerca de la producción de productos

acelulares son la caseína y albumina (Figura 2), producidos por las “Perfect Day Foods” y “Clara Foods”. Estos StartUps clonaron los genes que producen dichas proteínas y los expresaron en microorganismos reconocidos como seguros (GRAS) por la FDA. La producción se lleva a cabo en fermentadores, se “cosecha” las células y se concentran o purifican la caseína y albumina. Estas proteínas posteriormente son mezcladas con otros ingredientes para obtener cremas, helados, clara, productos para panificación, etc.

Por otro lado, la vainilla es un compuesto utilizado en la industria alimentaria, también se utiliza en fragancias y productos farmacéuticos y polímeros, la cual se considera un producto acelular. La producción de vainilla se lleva en un proceso por bioconversiones, que parten de un sustrato. Este compuesto se extrajo por primera vez de *Vainilla planifolia*, *V. tahitiensis* y *V. pompona pods*. La alta demanda de este producto, llevo a un gran esfuerzo de manera que se obtenga vainilla producida por procesos biotecnológicos que emplean microorganismos. Un ejemplo en la empresa “Evolva” que produce vainilla en una levadura (<https://evolva.com/business-segment/flavors-and-fragrances/>). Este proceso se basa en la conversión de sustratos como la lignina, estilbenos fenólicos, isoeugenol, eugenol, ácido ferúlico, azúcares, ácido vanílico, aminoácidos aromáticos y residuos de desechos, usando bacterias del género *Bacillus* y *Streptomyces* (Chauve y et al., 2018).

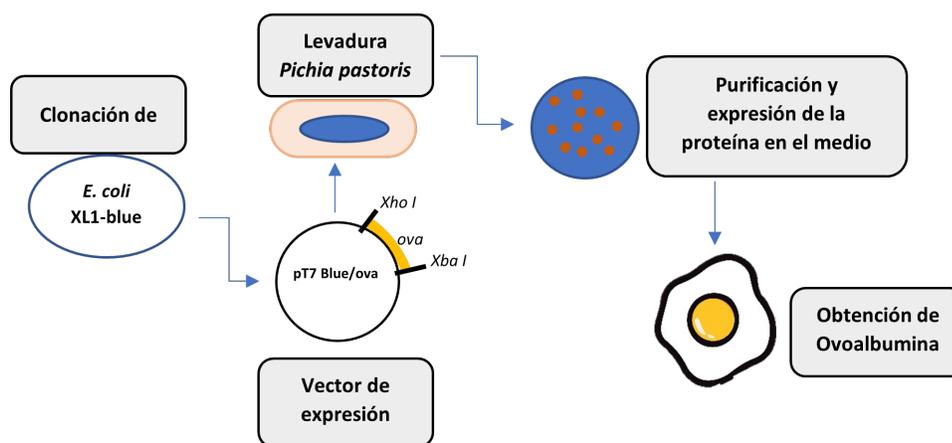
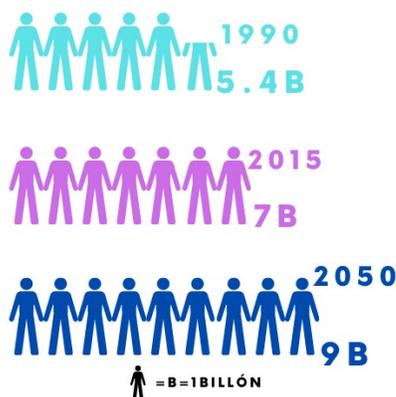


Figura 2. Proceso para la obtención de ovoalbumina expresada en *Pichia pastoris* (Modificado de Ito y Matsudomi, 2005).

## Impacto ambiental

Aproximadamente el 25% de la superficie terrestre se destina a la ganadería. Esto es aproximadamente el 70% de toda la tierra utilizada para la agricultura, se prevé que la población mundial será de entre 9 y 11 mil millones de personas para 2050. La demanda mundial de alimentos de origen animal se disparará en al menos un 70%, casi duplicando los niveles actuales (Figura 3) (Cellular Agriculture, 2017) La agricultura celular es fundamental para desarrollar un sistema agrícola-ganadero sostenible. El sistema actual ha producido lo suficiente para satisfacer las demandas actuales, pero no podrá mantenerse al día con las demandas futuras, especialmente con una población en crecimiento.



**Figura 3.** Población global por años. Se estima que para el 2050 habrá cerca de 9 billones de personas en el planeta, lo cual representa casi el doble de la población que había en 1990  
([www.novusint.com/ruru/Resources/688/lasenzimassonunapiezaclaavedelrompecabezasparaalimentara9milmillones](http://www.novusint.com/ruru/Resources/688/lasenzimassonunapiezaclaavedelrompecabezasparaalimentara9milmillones))

Para producir un bistec de 8 onzas (0. 23 kg), se requieren 1,6 kg de alimento y aproximadamente 3515 litros de agua; lo cual produce la energía suficiente para cargar completamente una computadora portátil sesenta veces. Además, se liberan al aire 4.54 kg de dióxido de carbono. La carne producida mediante agricultura celular utilizaría aproximadamente menos de una décima parte de la tierra y el agua y produciría significativamente menos emisiones de gases de efecto invernadero. No se requerirían de las grandes cantidades de antibióticos que se administran a los animales. En los Estados Unidos casi el 80% de todos los antibióticos vendidos se destinan a la agricultura animal, lo que ha ocasionado un aumento considerable de la resistencia bacteriana a los antibióticos (Martin 2015).

La agricultura celular tiene el potencial para ayudar a reducir las emisiones globales de gases de efecto invernadero y promover usos más responsables de los recursos naturales. Si bien la investigación proyecta que, en el caso de las aves, la energía requerida para producir carne a través de cultivos celulares es mayor que la de las aves de corral convencionales, la agricultura celular es más sostenible cuando se compara el uso de la tierra, el agua y el efecto invernadero. Es así como los productos de agricultura celular tienen menos impacto ambiental, son más inocuas y se pueden producir en condiciones controladas, estériles y seguras (New Harvest 2020).

## Startups enfocados en la obtención de productos celulares y acelulares

Con la innovación en el área alimentaria, se han generado empresas emergentes que buscan la sustentabilidad. Asimismo, satisfacer la demanda de alimentos y aportar alternativas a los alimentos de origen animal para las personas que llevan una alimentación basada en plantas o que evitan el consumo de productos animales. Algunos StartUps pioneros de agricultura celular dedicados a producir este tipo de alimentos son “Upside Foods” que busca la producción de carne cultivada de manera asequible. “Mosa Meat” que busca una forma más limpia y amable de hacer carne de verdad, pero sin los efectos nocivos de la producción de carne de ganado. “Finless Foods” que produce mariscos de origen vegetal y de cultivo celular cambiando la forma de comer del mundo y apoyando al sostenimiento del océano. “Clara Foods” que es una empresa de biotecnología que produce ovoalbúmina en levaduras, la cual es empleada para producir productos de huevo sin usar animales. “Perfect Day Foods” sintetiza caseína en levaduras y elabora derivados lácteos conservando el sabor, la textura y propiedades nutritivas. Esta forma de producir la caseína es sostenible y no contiene lactosa, hormonas, ni antibióticos. “Aleph Farms” una compañía de Israel que produce carne de calidad a partir de células naturales no modificadas genéticamente y que no contiene antibióticos. Esta empresa desarrolló en 2019 un sistema que produjo el primer filete de carne cultivada en el espacio. Los ejemplos anteriores y el de otras empresas enfocadas que hacen investigación y desarrollo en agricultura celular se muestran en la Tabla 1.

Es importante aclarar que no todos los productos obtenidos de la agricultura celular están a la venta ni están regulados. Por lo anterior, las empresas trabajan de la mano con la FDA para garantizar que el producto sea seguro, saludable, esté claramente etiquetado y aprobado para su comercialización y venta cuando los requerimientos estén totalmente cubiertos (Finless Foods, 2021).

**Tabla 1.** Ejemplos de empresas enfocadas a la obtención de productos de agricultura celular

Nombre	Área	URL
Upside Foods		<a href="https://www.upsidefoods.com/">https://www.upsidefoods.com/</a>
Mosa Meat		<a href="https://mosameat.com/">https://mosameat.com/</a>
Finless Foods		<a href="https://finlessfoods.com/">https://finlessfoods.com/</a>
Clara Foods		<a href="https://www.clarafoods.com/">https://www.clarafoods.com/</a>
Perfect Day Foods		<a href="https://perfectdayfoods.com/">https://perfectdayfoods.com/</a>
Aleph Farms		<a href="https://www.aleph-farms.com/">https://www.aleph-farms.com/</a>

## Perspectivas

Los problemas actuales que aquejan a la humanidad, tal como el cambio climático y la necesidad de alimentar a una población creciente, requiere de establecimiento de alternativas para la producción de alimentos. Estas alternativas pueden contribuir al cumplimiento de los objetivos 2 (hambre cero), 3 (salud y bienestar) y 13 (acción por el clima) de la agenda 2030 para el desarrollo sostenible de la ONU. En este sentido, la agricultura celular es una opción viable para satisfacer la demanda en la producción de carne y proteínas animal/vegetal cuya producción sea sustentable y que ayude a reducir problemas ambientales (efecto de gas de invernadero, menor consumo de agua, menor uso de la tierra, etc.), que padecemos. Sin embargo, un reto importante es lograr que dichos productos sean en sabor y consistencia equiparables a los obtenidos de manera directa de los animales. Asimismo, ser escalables (producirse en grandes cantidades) y tener un precio competitivo comparado con los obtenidos de manera tradicional.

Lamentablemente, existe mucho desconocimiento y desinformación relacionada con los productos de la agricultura celular (Bryan et al. 2019), por lo que será muy importante una divulgación “agresiva” que permita a los consumidores el poder aceptar o rechazar un producto obtenido con dicha tecnología.

## Referencias

- Aday S and Aday MS (2020) Impact of COVID-19 on the food supply chain Food Quality and Safety, 4: 167-180.  
doi:10.1093/fqsafe/fyaa024
- Baeshen NA, Baeshen MN, Sheikh A, Bora RS, Ahmed MMM, Ramadan HAI, Saini KS, Redwan EM (2014) Cell factories for insulin production. *Microbial Cell Factories*. 2: 13:141. doi: 10.1186/s12934-014-0141-0
- Ben-Arye T, Levenberg S (2019) Tissue Engineering for Clean Meat Production. *Frontiers Sustainable Food Systems*, 3:46. doi: 10.3389/fsufs.2019.00046
- Benjaminson MA, Gilchrist JA, Lorenz M (2002) In vitro edible muscle protein production system (MPPS): stage 1, fish. *Acta Astronautica*, 51(12):879-89
- Bhat Z F, Fayaz H (2011) Prospectus of cultured meat—advancing meat alternatives. *Journal of Food Science and Technology*, 48(2), 125-140.
- Bryant C, Szejda K, Parekh N, Deshpande V, Tse B (2019) A survey of consumer perceptions of plant-based and clean meat in the USA, India, and China. *Frontiers in Sustainable Food Systems* 3:11. doi: 10.3389/fsufs.2019.00011
- Chauve M, Foucher S, Galinat S, Pireau G (2018). U.S. Patent Application No. 15/751,058.
- Faustman C, Hamernik D, Looper M, Zinn SA (2020). Cell-based meat: the need to assess holistically. *Journal of Animal Science*, 98(8), skaa177. doi: 10.1093/jas/skaa177
- Finless Foods. (2021). FAQs. <https://finlessfoods.com/faqs/>
- Fountain, H. (2013, August 5). A Lab-Grown Burger Gets a Taste Test. *The New York Times*.  
<https://www.nytimes.com/2013/08/06/science/a-lab-grown-burger-gets-a-taste-test.html>
- Gómez-Márquez J (2013). La revolución de la Ingeniería Genética. *Nova Acta Científica Compostelana*, 20: 13-21
- Hallman WK, Hallman WK 2nd (2020). An empirical assessment of common or usual names to label cell-based seafood products. *Journal of food science*, 85(8), 2267-2277. doi: 10.1111/1750-3841.15351
- Ito, K., & Matsudomi, N. (2005) Structural characteristics of hen egg ovalbumin expressed in yeast *Pichia pastoris*. *Bioscience, Biotechnology, and biochemistry*. 69(4):755-6. doi:10.1271/bbb.69.755
- Kadim IT, Mahgoub O, Baqir S, Faye B, Purchas R (2015) Cultured meat from muscle stem cells: A review of challenges and prospects. *Journal of Integrative Agriculture*, 14(2), 222-233. [https://doi.org/10.1016/s2095-3119\(14\)60881-9](https://doi.org/10.1016/s2095-3119(14)60881-9)
- Kiessling A, Ruohonen K, Bjørnevik M. (2006). Muscle fibre growth and quality in fish. *Archiv fur Tierzucht*. 49, 137-141.
- Mellon J (2020) Moo's law, An investor guide to the new agrarian revolution. First edition. Fruitful Publications. United Kingdom.
- Martin MJ (2015). Antibiotics Overuse in Animal Agriculture: A Call to Action for Health Care Providers. *American Public Health Association*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4638249/>

New Harvest (2020) How Isha's Paper Helped Launch the Cultured Meat Industry. <https://new-harvest.org/isha-paper-ten-year-anniversary/> [revised 28 June 2021].

Rubio N, Datar I, Stachura D, Kaplan D, Krueger K (2019) Cell-Based Fish: A novel approach to seafood production and an opportunity for cellular agriculture. *Frontiers in Sustainable Food Systems* 3:43. doi: 10.3389/fsufs.2019.00043

Rubio NR, Xiang N, Kaplan DL (2020) Plant-based and cell-based approaches to meat production. *Nature communications*, 11(1), 6276. doi: 10.1038/s41467-020-20061-y

Steven (2017) Synthetic Biology in Cell and Organ Transplantation. In Daniel G. Gibson, Clyde A. Hutchison III, Hamilton O. Smith, and J. Craig Venter Additional Perspectives on Synthetic Biology ([www.cshperspectives.org](http://www.cshperspectives.org)). doi: 10.1101/cshperspect.a029561

The Good Food Institute (2020). Memphis Meats' \$161 million Series B is a turning point for the meat industry. <https://gfi.org/blog/memphis-meats-series-b-cultivated-meat/>. [revised 28 June 2021]

UPSIDE Foods. (n.d.). About us. <https://www.upsidefoods.com/about-us>. [revised 04 July 2021]

Warner RD (2019) Review: Analysis of the process and drivers for cellular meat production. *Animal*, 13 (12), 3041-3058. doi: 10.1017/S1751731119001897

Waschulin V, Specht L (2018) "Cellular Agriculture: An Extension of Common Production Methods for Food." The Good Food Institute. <https://gfi.org/images/uploads/2018/03/Cellular-Agriculture-for-Animal-Protein.pdf> [revised 28 June 2021]

Worldometer (2021) Countries in the world population (2021) <https://www.worldometers.info/world-population/population-by-country/> [revised 20 June 2021]