

BIOTECNOLOGÍA: DE LA ESPIRULINA A LA CARNE CULTIVADA

Agustín López Munguía.
Instituto de Biotecnología, UNAM
Miembro de la Academia de Ciencias de Morelos

Relación histórica de la biotecnología con nuestras necesidades de proteína en la dieta

Desde siempre, aunque empíricamente, los seres humanos hemos echado mano de lo que hoy llamamos Biotecnología, para hacernos de proteínas adecuadas para la alimentación y satisfacer nuestras necesidades alimentarias. En la cultura alimentaria de todas las civilizaciones en el mundo está documentado el cultivo de algún microorganismo, ya sea bacterias, levaduras, hongos o algas, para enriquecer la dieta. Por ejemplo, y para no tener que salir del país, tomemos el caso mesoamericano (Figura 1), en el que la producción del alga espirulina, el *tecuilatil*, producida en grandes cantidades en el hoy tan discutido lago de Texcoco, complementaba la dieta proteínica de los mexicas. Otro aporte de proteína en el México prehispánico lo constituía el cultivo de hongos silvestres o *teo-nanácatl*, (carne de dios), cuyo consumo no sólo tenía sentido alimentario, sino también religioso y bélico. Del viejo mundo nos llegaron proteínas microbianas contenidas en las bacterias de cultivos lácticos como el yogurt, o en las levaduras del pan, mismas que complementamos con las proteínas de microorganismos de nuestros propios productos fermentados como el *pozol*; y habría que decirlo, también de las bebidas alcohólicas de moderación como el *pulque*, la *chicha* o el *tesguino*, las que -a diferencia de la cerveza o el vino- se beben con todo y microorganismos, parte muy valiosa de su calidad nutricional. Si bien es un "mito urbano" que al pulque "le falte un grado para ser carne", tiene una gran ventaja beberse las proteínas de los microorganismos que fermentan el agumiel. Esto no sucede con la cerveza, que al ser clarificada, pierde toda esa riqueza microbiana, en aras del aspecto brillante, la homogeneidad y la estabilidad del producto que, eso sí, nos engorda con sus carbohidratos y nos emborracha con su alcohol.

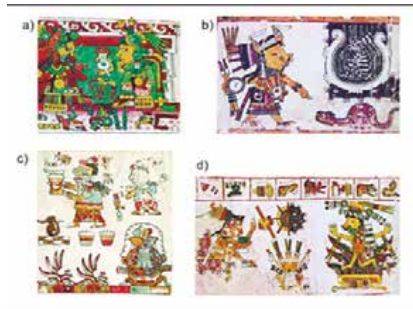


Figura 1. Representación de alimentos fermentados en los códices prehispánicos. Figura tomada de <https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/index.php/ediciones-antteriores/67-vol-58-num-2-abril-junio-2007/comunicaciones-libres13/108-los-alimentos-fermentados-que-comian-nuestros-bisabuelos-prehispánicos>.

La Biotecnología se hizo ciencia cuando a mediados del siglo XIX, Louis Pasteur se adentra en el mundo de los microbios, que después se hizo industria. Primeramente en 1925 cuando Alexander Fleming se da cuenta que los microorganismos pueden producir sustancias químicas de gran utilidad para la especie humana como la penicilina, y 25 años más tarde Florey y Chain inician su producción a gran escala. En tan solo dos o tres décadas la producción de penicilina sirve de ejemplo y modelo para empezar el aprovechamiento de los microorganismos para producir sustancias útiles para la sociedad, antibióticos, enzimas para detergentes, solventes, alcohol, colorantes, ácidos orgánicos, y muy particularmente para el tema que nos ocupa, *aminoácidos*. Recordemos que toda proteína es una cadena (polímero) compuesta de una combinación de 20 distintos elementos que conocemos como *aminoácidos* (Figura 2). La cantidad y la secuencia de los aminoácidos define la función de todas y cada una de las proteínas de las células vivas, por lo que los 20 aminoácidos son necesarios para que nuestro organismo pueda funcionar... 8 de ellos, los denominamos "esenciales", porque no hay otra forma de que lleguen a nuestras células, que comiéndolos. Los 12 restantes los podemos sintetizar nosotros mismos a partir de las materias primas necesarias que ingerimos con nuestros alimentos. O sea, si fuéramos un país, no seríamos autosuficientes en materia de proteínas. Por eso el eslogan de "sin maíz no hay país" está incompleto. A la proteína del maíz le faltan los aminoácidos *lisina* e *isoleucina*, que conseguimos si al maíz le agregamos frijoles (la proteína del frijol) que los contienen. Habría entonces que decir "Sin maíz y frijol no hay país" aunque ya no rime. O sea, que un taco de frijoles nos salva al resolver esta encrucijada nutricional.

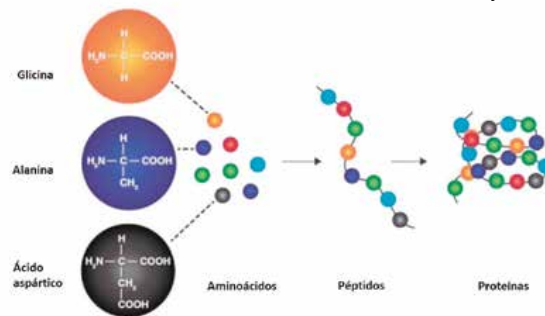


Figura 2. Aminoácidos y proteínas. Modificada de <https://www.acs.org/content/acs/en/education/resources/highschool/chemmatters/past-issues/2017-2018/april2018/the-protein-myth.html>.

caras de producir, no solo en términos económicos, sino también de daño al medio ambiente. Como explicamos antes, las proteínas de los cereales son deficientes en alguno(s) de los aminoácidos esenciales y para satisfacer nuestras necesidades, requieren complementarse: el taco de frijol.

Un importante aporte de la biotecnología industrial a la nutrición es la producción de los aminoácidos esenciales. Así, desde el siglo pasado, dentro de los principales productos de la biotecnología industrial destacan la *lisina*, la *metionina*, el *triptófano*, la *fenilalanina*, el *ácido aspártico*, ... que se agregan a los medicamentos, a los complementos nutricionales, y sobre todo, a los alimentos balanceados, ya que los animales también tienen estos requisitos.

Hoy en día, la crisis ambiental, aunada a una creciente preocupación por el maltrato a los animales, nos hacen cuestionar el consumo de carne. Si preguntáramos a un extraterrestre después de su visita de inspección a la Tierra, qué especies vivas encontró, su respuesta en peso sería: reses, vacas, cerdos, pavos, gallinas y pollos en un total de 700 millones de toneladas, seguidas de humanos que pesan unos 300 millones de toneladas, y unos 100 millones de toneladas de lo que llaman "especies salvajes" que están perdiendo rápidamente. Reportaría su sorpresa de que estemos dedicados a "calentar el ambiente" con nuestros combustibles, con nuestros coches, pero también con los gases que producen nuestras vacas.

Biotecnología industrial: Bacterias como alimento

Una gran apuesta de la biotecnología industrial de la segunda mitad del siglo XX (1960-1985) fue la producción de levaduras o bacterias a gran escala como fuente de una proteína, que recibió el nombre genérico de "proteína unicelular" PUC en español y SCP en inglés (Single Cell protein). La idea pretendía resolver una situación que, si en aquella época preocupaba, en la actualidad pone en riesgo la autosuficiencia alimentaria. Y es que cuando empezó a existir sobreproducción de semillas agrícolas, alguien tuvo la gran idea de emplearlas en la crianza de animales de granja. Se estima *grosso modo*, que en el mundo se podrían producir anualmente más de 2,000 millones de toneladas de cereales, que podrían alimentar hasta 10,000 millones de seres humanos. Sin embargo, dado que se requieren 4Kg de proteína vegetal para producir 1Kg de proteína animal (caso de la carne de res), la cobertura proteica sólo alcanzaría para 2,500 millones de humanos omnívoros. Es claro que somos eminentemente carnívoros, y para muchos adoptar una dieta vegetariana está fuera de discusión, como lo demuestra el incremento en el consumo de carne asociado con el desarrollo económico. Un ejemplo, en China, el consumo *per cápita* no ha dejado de aumentar en este

Referencias

Agustín López Munguía. ¿Un día sin carne? ¿Como ves Jaime Porras Domínguez y Agustín López Munguía. ¿C Agustín López Munguía. La carne cultivada. ¿Como ves



siglo, pasando de menos de 40Kg/cápita en el 2000, a un estimado de 55.7 Kg/cápita para el 2020, habiendo sido de 48.3 en el 2015. Es decir, si no como carne es porque no me alcanza para comprarla. Aquel llamado de Paul McCartney y Yoko Onno, de 2009 no ha tenido mucho eco (¿Un día sin carne? ¿Como ves? No. 136)

En este contexto, el siglo pasado tuvo lugar una espectacular propuesta y el consecuente avance tecnológico: producir proteína de microorganismos (PUC) para alimentar al ganado, y así, sin perder el bistec, dejar más proteína vegetal disponible para los humanos. La enorme ventaja es que la proteína unicelular podría producirse a partir de azúcar o hidrocarburos como fuente de carbono y de energía y de sales minerales como fuente de nitrógeno inorgánico. Grandes empresas como la British Petroleum o la ICI, o Shell, Hoechst AG en Inglaterra y Alemania, respectivamente, invirtieron millones de dólares en proyectos de PUC. Pero no sólo ahí sino también en Japón, Rusia y los EUA, llegándose a producir miles de toneladas de PUC por varios años. Sin embargo, algunos procesos no fueron “económicamente viables”, y otros simplemente no se autorizaron. Para finales de la década de los 80, ya ninguna planta de las docenas que hubo en operación funcionaba, incluida la de ICI que producía 55,000 toneladas al año de *Pruteen*, un producto elaborado en Billingham, UK con la bacteria *Methylotrophilus methylotrophus* o de *Toprine* que producía la British Petroleum ambas en Inglaterra. Pemex pretendía construir una planta con la tecnología de ICI, empleando metanol, pero todo se quedó en propuesta. Destaca un exitoso proyecto encabezado por el Dr. Gustavo Viniégra, investigador del IIB-UNAM, hoy en la UAM-I, en el que se logró reemplazar al maíz en la engorda de bovinos con una biomasa resultado de fermentar melaza y estiercol, proyecto que explotó varios años la ganadería Pastéje. ¿Por qué fracasaron todos estos proyectos? La respuesta es compleja y requeriría de un análisis profundo. Pero puede resumirse en la coincidencia de diversos factores como son la crisis energética de los 70 y el consecuente aumento de los precios del petróleo (materia prima de varios de los procesos); la competencia desleal por el subsidio y la caída de los precios de la soya en Europa, principal competidor en el mercado de la alimentación animal; la sobreproducción de leche, principal objetivo alterno en el mercado de alimentación humana; un rechazo social promovido por un movimiento ambientalista originado en Italia que pregonaba la amenaza a la producción agrícola (promovida desde luego por los productores de soya), y obviamente el rumor de riesgo de cáncer por consumir bacterias o levaduras, derivadas del petróleo. Obviamente el beneficio al medio ambiente no fue un argumento para que los proyectos permanecieran, no fuese sino como una opción al desvío de cereales y

oleaginosas de la alimentación humana a la alimentación animal.

El presente: transgénicos y alimento para las bacterias

El siglo pasado, los biotecnólogos proponían reducir las deficiencias de proteína en la alimentación humana produciendo bacterias; los biotecnólogos actuales, dado el papel de las bacterias intestinales en nuestra salud, ahora promueven la producción de alimento (prebióticos) que beneficien dichas bacterias, y nos invitan también –nuevamente a consumir directamente bacterias benéficas (probióticos). (Ver: Cómo alimentar el microbiota intestinal. ¿Como ves?, 16-19, 2017).

Obviamente no todo fue fracaso: la proteína texturizada (mico-proteína) comercializada como *Quorn* producida a partir del hongo *Fusarium graminearum* y vendida como “*delicatessen*” a precios de producto de alta calidad nutricional, hasta la fecha sigue disponible en los mercados europeos. Si es cara debe ser segura, se piensa en algunos sectores. La Biotecnología también contribuyó a poder satisfacer el crecimiento en la demanda de proteína de soya, con avances que han llevado a una situación que ahora preocupa por otras causas. Y es que en la actualidad muchas veces se manifiestan contra la producción monumental de soya, de la que siembran más de 120 millones de hectáreas en el mundo, 85% de la cual es derivada de la biotecnología moderna, vía modificación genética para resistir a los insectos y al herbicida *glifosato*. La inocuidad del herbicida ha sido garantizada por las instancias que velan por la salud alimentaria, aunque no dejen de emitirse voces alarmistas que opinan sin evidencia lo contrario. La crítica sería en todo caso su masiva aplicación en el campo, cuando justamente se busca la diversificación, la reducción en el uso de agroquímicos y la autosuficiencia alimentaria. Pero ¿cuál es la alternativa si nos quejamos, pero llevándonos el taco de arrachera con tocino a la boca?

Así, nos acercamos al primer cuarto del Siglo XXI con una crisis ambiental originada por muy diversos factores, dentro de los cuales la producción de leche, huevos y, muy particularmente de proteína de origen animal, contribuye preponderantemente (<http://www.acmor.org.mx/?q=content/%C2%BFqu%C3%A9-tanto-contaminas-cuando-comes-la-parte> y <http://www.acmor.org.mx/?q=content/%C2%BFqu%C3%A9-tanto-contaminas-cuando-comes-2a-parte>). Dentro de lo que comemos, la producción de carne es lo menos sustentable, considerando la producción de gases de efecto invernadero (las vacas son la principal fuente de generación de metano, un gas de efecto invernadero con una capacidad 25 veces más grande que el CO₂), el uso de suelo (se requiere de 17 veces más tierra para producir la misma cantidad de proteína de soya), el consumo de agua (15,000 litros de agua por Kg de carne contra 0.6 – 2 requeridos por Kg de cereal), todo esto además, en un sistema de baja eficiencia en la conversión de la proteína vegetal en

proteína animal.

Aunado a esto, otros dos elementos exigen una urgente atención a la forma en la que producimos nuestros alimentos: el hecho de que la IARC (Agencia Internacional para la Investigación en Cáncer, por sus siglas en inglés, de la OMS (Organización Mundial de la Salud) haya incluido a la carne como “probable cancerígeno” (grupo 2A), mientras que las carnes procesadas se unieron al tabaco en el grupo 1 de “cancerígenos”. Como si esto no fuera suficiente, existe una creciente preocupación de muy amplios sectores de la sociedad por el maltrato a los animales, particularmente a los que se tiene en condiciones de estricto confinamiento, única forma de lograr altas eficiencias y control en el proceso de producción. Por ejemplo, para 2021, dado el resultado de la votación del pasado 6 de noviembre (2018) en California, ninguna gallina podrá estar enjaulada, o sea, todos los huevos deberán ser puestos por gallinas no confinadas (actualmente el 18% del mercado en EUA). El tema amerita otro artículo, pues no solo aumentará ostensiblemente el costo del huevo (actualmente de \$0.91/docena contra \$0.67/docena), sino que se abren las puertas para la entrada al mercado de sustitutos, como el *Just Eggs*, un sustituto para huevos revueltos a base de proteínas de frijol mungo.

De Película

La película *Cuando el destino nos alcance* («Soylent green», 1973) planteaba una sociedad en la que las fuentes de proteína se agotaban como consecuencia de la destrucción del medio ambiente por el efecto invernadero, y los seres humanos se veían en la terrible necesidad de procesar los cadáveres, con el fin de elaborar un alimento proteico. Sonaba y sigue sonando descabellado, pero el avance espectacular de la biotecnología permite plantear un escenario alterno. En efecto, se trata por un lado de detener el deterioro ambiental que implica la producción de carne, y por el otro mantener disponible para la sociedad una fuente de proteína con la riqueza de la proteína de origen animal.

Si hasta ahora se han crecido y consumido células de bacteria, de levadura, de algas, de plantas, etc., ¿por qué no crecer células de músculo y texturizarla como se texturiza la proteína de soya, imitando los productos tradicionales de los consumidores de carne? (filetes, hojuelas, albóndigas, jamones, etc.). No habría ya que sacrificar animal alguno, en la medida en la que podamos cultivar en el laboratorio las células del músculo que nos podría donar una vaca, un pollo, un pescado o un cerdo.

¿Qué nombre le pondremos...?

En 2013 el mundo científico y el consumidor informado tragaron saliva al enterarse que el profesor Mark Post, de la Universidad de Maastricht, presentaba la primera sesión de degustación pública de una hamburguesa preparada con carne producida en el laboratorio



FIGURA 3. CARNE cultivada. Figura tomada de la revista ¿Como ves?, Carne Cultivada. Del laboratorio a tu mesa. A. López Munguía, Año 21, No. 249, agosto 2019.

a partir de células madre de una vaca. ¿Cómo llamar a este tipo de carne? La respuesta sería fácil si no viviésemos ya la experiencia de lo que, los detractores de todo avance tecnológico pueden hacer sólo con el nombre: ver el caso de llamar “transgénicos” a los en realidad son “genéticamente modificados”. Hay muchas apuestas: *carne limpia* pensando en el medio ambiente; *carne in vitro* por hacerse en el laboratorio, a pesar de que suena artificial, tanto como *carne de probeta*; *carne basada en células* o *carne celular*, aunque habría que explicarle a un biólogo qué es eso, como se explica a un químico porque la carne puede no ser orgánica. Imitando a los cervecedores, hay quien propone llamarla *carne artesanal*. En un artículo reciente, nosotros propusimos llamarla *carne cultivada* (¿Cómo ves?, agosto 2019). A ver que dicen los ganaderos, aunque si no quieren que se llame “leche”, a los extractos de soya, almendra o coco, ni “hamburguesa” a las elaboradas con vegetales, aquí sin duda pondrán el grito en el cielo.

El milagro de la multiplicación de los filetes

Es carne cultivada, pues se cultivan las células llamadas *mioblastos*, células preprogramadas o precursoras, que se diferencian a células musculares hasta alcanzar el nivel de fibras en forma de miotubos con un espesor que irá de 0.3mm hasta de 0.5mm de espesor, para finalmente, en unas 6 semanas llegar a convertirse en músculo y dar lugar al milagro de la multiplicación de la carne o de los peces: de una sola vaca podrían distribuirse más de 100 millones de filetes (Figura 3).

La primera gran barrera para la carne cultivada eran los costos, y aunque en la presentación inicial de la primera hamburguesa se habló de decenas de miles de dólares por hamburguesa, por los costos del suero bovino, en un par de años el panorama ha cambiado radicalmente. Trabajando en el “medio de cultivo” los desarrolladores de esta tecnología han empleado factores de crecimiento producidos por técnicas de biología molecular y extractos de cianobacterias como fuente de proteína alterna a la albúmina del suero bovino, lo que les ha permitido llegar a varios productos casi al alcance del consumidor, que, por cierto, es capaz de llegar a pagar hasta \$400 dólares/Kg de carne tipo Kobe. Se estudian diversos tipos de mol-

de para que las células crezcan ya en una forma atractiva para el consumidor y se piensa incluso en la impresión en 3D, o en el uso de vegetales como molde. Se trabaja también en cómo darle textura, sabor y aroma. Incluso como darle color. Este último aspecto es quizás el más sencillo: el camino recorrido por los texturizados de soya, por ejemplo, son una ayuda fundamental. Las hamburguesas de origen vegetal (“impossible burger” y “beyond meat”) usan una hemoglobina vegetal (leghemoglobina) agregando una versión transgénica de la proteína de *Bradirizobium japonicum* (fijadora de nitrógeno) expresada en una levadura. Es una hamburguesa, pero es transgénica: vaya dilema para los ambientalistas. ¿qué postura asumirán ante esta tecnología, verdaderamente disruptora y de gran beneficio para el medio ambiente. Desde 2015, una docena de compañías como Mosa Meat, Memphis Meats, Finless Foods o BlueNalu en los EUA, Aleph Farms o Future Meat Technologies en Israel, Integriculture en Japón y Mosa Meat en Holanda, han invertido desde una hasta cerca de 20 millones de dólares cada una en el desarrollo de carne de res, de pollo y de pescado, aunque otros guardan el tema bajo secrecía. La empresa israelí Future Meat Technologies, en efecto plantea el desarrollo de pequeñas unidades de producción local, para satisfacer necesidades que van desde hot-dogs hasta nuggets y hamburguesas. Nos dirigimos sin duda hacia un escenario de producción de alimentos que podría abastecer a los más de 10,000 millones que humanos que habrá en el planeta hacia finales del siglo XXI, con una tecnología disruptiva que podría cambiar, o complementar la cultura alimentaria de las sociedades agrícolas y que cambiaría nuestra relación con el medio ambiente. La supervivencia del planeta requiere no un cambio de dieta, sino un cambio de estilo de vida.

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.