Juan Pascual. Veterinario. Vice President DACH & Southern Europe.
Elanco Animal Health. Twitter: @juanpascual4

Los 7 pecados capitales de la carne de laboratorio

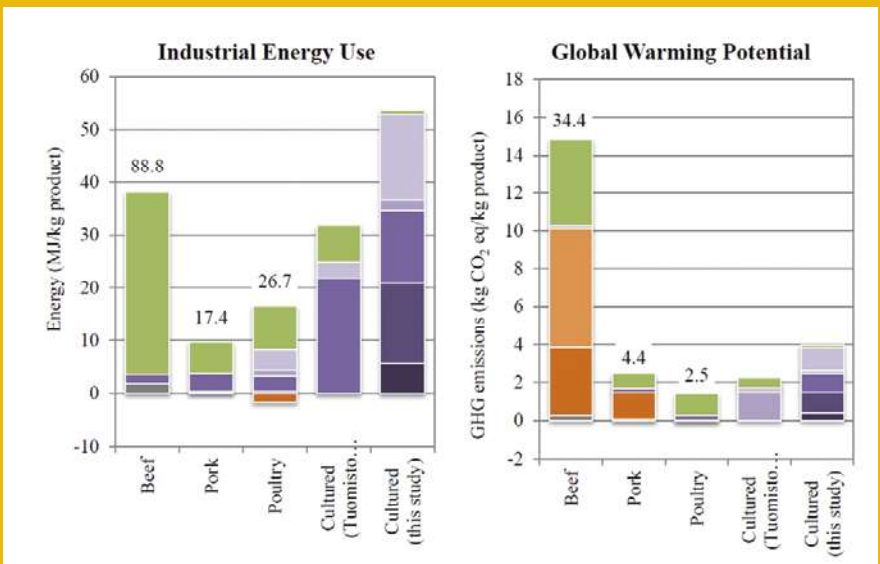
Resulta muy frecuente encontrarse con titulares que anuncian la inminente llegada de la carne de laboratorio a las estanterías de los supermercados. Se anuncia como un nuevo maná que no sólo surtirá nuestras despensas, sino que aportará toda suerte de beneficios a nuestra salud, al medio ambiente y a los sufridos animales de especies ganaderas que, según argumentan, viven vidas que no merecen la pena ser vividas.

Además, algunos de los más glamurosos empresarios del mundo han hecho de esta tecnología *santo y seña*, con lo que el tradicional ganadero que madruga, trabaja duro, ahorra costes y convive con el ganado, mejor haría en ir buscándose un nuevo modo de vida. Ahora bien, más allá de los titulares de prensa, ¿qué hay de verdad en todo ello?, ¿presenta la carne de laboratorio realmente tantas ventajas?, ¿va a echar de nuestras mesas y restaurantes a la carne (y también a la leche, pescado y huevos) tal y como los conocemos hoy? Si bien la información de la que disponemos es limitada, ya que, como es lógico, estas compañías guardan celosamente sus secretos, los datos parecen indicar que esta tecnología presenta tal número de barreras económicas, sociales, técnicas y morales, que me atrevo a pronosticar que, si llega a aparecer en el mercado, lo hará de forma muy limitada, como nicho a lo sumo. Veamos pues con cierto detalle cuáles son estas barreras que podrían resultar infranqueables para esta tecnología.

Costes

Aunque los costes de elaboración de estos productos se han reducido significativamente desde la primera hamburguesa que se presentó a bombo y platillo en 2013, y que tuvo un coste de 300.000 euros, a día de hoy aún resultan muy elevados. Las empresas elaboradoras dan datos dispares: desde 700 €/kg hasta 74 €/kg, aún lejos del precio de 1 kg de ternera (la más costosa del mercado), que en el caso de la picada, por ejemplo, puede adquirirse por 6-7 €/kg. Hay que considerar, además, que el precio de los productos ganaderos continúa bajando conforme mejoran la genética, la nutrición, etc. Y todo ello sin tener todavía en cuenta los costes de producir a gran escala, puesto que, aunque parezca contradictorio, van a ser más elevados, ya que requiere mantener biorreactores de 25.000 litros a 37ºC, control milimétrico de temperatura, pH y catabolitos, además de la cantidad de productos que habrá que añadir al cultivo, desde hormonas a aminoácidos pasando por vitaminas, y el coste de estimular las células eléctricamente para que adquieran cierta consistencia. Todo lo anterior –y la lista es mucho más larga– va a hacer inviable (o casi) esta alternativa.

Consumo de energía de carne *in vitro* frente al uso de energía del ganado tradicional



Fuente: *Mattick et al.*

Cuestiones técnicas

Son muchas y complejas, pero intentaremos describir las más representativas:

1. Las células musculares no se replican, hay que seleccionar células madre, bien embrionarias, bien adultas. Estas células podrían dar lugar a células musculares de características distintas a las del músculo original.
2. La carne se compone de miocitos,

adipocitos, condrocitos, fibroblastos, etc. Replicar una línea celular no será bastante. Conseguir el equilibrio entre ellas puede resultar inviable.

3. Para crecer, las células necesitan adherirse a algo. Más allá de las paredes del biorreactor, la industria trabaja con "andamios" que crearían una estructura tridimensional con el fin de aumentar la superficie de adhesión. Estas estructuras pueden estar hechas de diversos materiales que, a la postre, formarían parte del producto final y podría alterar sus propiedades.
4. Otra necesidad que presentan los cultivos celulares son las hormonas: insulina, transferrina y hormona del crecimiento, entre otras, son imprescindibles para la replicación. A día de hoy, estos productos se añaden al cultivo provenientes de suero fetal bovino (SFB), que posee estas y otras substancias. Pero si queremos eliminar totalmente a los animales de la ecuación, no resulta factible recurrir al suero de un ternero nonato para alimentar células. Existen medios de cultivo sin SFB, pero de alto coste y menor productividad.
5. Las células no se dividen indefinidamente. Conforme se replican se van acortando los telómeros y el proceso divisorio llega a su fin después de 30-40 divisiones. Es lo que se conoce como límite *Hayflick*. Para evitarlo hay que desarrollar líneas inmortales. Estas presentan sus dificultades también, pues pueden dar lugar a células con características distintas de las que queremos replicar. Además, para conseguir estas líneas hay que alterarlas con químicos o someterlas al ataque de ciertos virus, lo que no parece que vaya a ser muy atractivo para el consumidor.
6. La mioglobina se sintetiza en el músculo a bajas concentraciones de oxígeno. En un cultivo de alta reproducción este no será el caso. Así, el producto final tendrá un color grisáceo o amarillento (no olvidemos que la primera hamburguesa hubo de teñirse con zumo de remolacha). Luego, ¿qué colorante se añadiría a toda la carne de cultivo?
7. Otro punto que supone una dificultad técnica es la estabilidad genética. Téngase en cuenta que 1 kg de carne equivale a 8 x 10^{12} células. Las múltiples divisiones pueden dar lugar a células cancerígenas y que éstas supongan un alto porcentaje del *output* total. Si bien estas células no tienen por qué ser perjudiciales, pues en principio se digerirían como las demás, los expertos afirman que sería preciso estar absolutamente seguros de que no suponen riesgo sanitario alguno. Arduo trabajo para las agencias reguladoras que, sin

duda, solicitarán exhaustivas pruebas a estos productos.

Valor

Las propias empresas involucradas en este sector son conscientes –y lo dicen públicamente– que será imposible obtener un filete. A lo que aspiran es a tener, como mucho, un producto que se asemeje a la carne picada. Por ello, una tecnología de alto coste acaba compitiendo en un mercado de bajo valor. No debemos olvidar, por otra parte, que la industria ganadera tradicional sigue reduciendo sus costes y, por ello, el objetivo a batir por parte de las *startups* de carne artificial no es fijo, sino móvil.
¿Será posible que estas compañías sean competitivas? Por una parte, algunas anuncian que colocarán sus productos en los lineales en pocos meses, por otra, Mark Post, el padre de la hamburguesa presentada en 2013 en Londres, vaticina que faltan aún dos o tres décadas para que esto sea una realidad.

Aceptación del consumidor

El sabor de la carne nace de la mixtura de distintos tipos celulares: musculares, nerviosos, pero, sobre todo, grasas. La correcta proporción de las células adiposas confiere a la carne su sabor único. Y hacer crecer diferentes líneas celulares para aportar esta variedad de tejidos es otro desafío al que se enfrenta esta industria. Por otra parte, la composición de la carne cuenta con numerosos micro nutrientes, como la vitamina B12, o ciertos minerales, como el hierro, que habría que añadir en proporciones muy medidas para obtener un producto con las propiedades alimenticias tal y como conocemos en la actualidad. Además, cada grupo muscular tiene sus propias

Las propias empresas involucradas son conscientes de que será imposible obtener un filete, y así lo reconocen públicamente

características: la cabezada en nada se parece al lomo o muslo, por ello, las limitaciones organolépticas de un producto como la carne de laboratorio son manifiestas.
Todo lo anterior pone de manifiesto que no es para nada sencillo que el consumidor abrace esta tecnología sin reparos, incluso si su coste fuese asequible. Las dudas que generaría consumir un producto que provendría de un baño de hormonas y detritos celulares, junto con el riesgo de que las líneas celulares mutasen y se replicasen del mismo modo que células cancerígenas, aunque no supusieran un riesgo para la salud, sin duda supondrían una barrera a su aceptación.
Tampoco sería un asunto menor, la percepción de ser un producto no natural, pues estaría muy presente en la mente del comprador y limitaría un uso mayoritario.

Legales y regulatorias

¿Es la carne artificial realmente idéntica a la carne tal y como la hemos conocido hasta hoy? No es una pregunta baladí, pues ya se anticipa una batalla legal sobre si la carne de laboratorio podrá o no denominarse como tal. Ya tuvimos ocasión de comprobar lo que aconteció con los productos a base de soja y otros ingredientes a los que los tribunales de la Unión Europea prohibieron que se auto definieran como leche, dejando este término de uso exclusivo para aquel líquido proveniente de la ubre de un animal.
Más allá de lo que en un futuro deban o no determinar los tribunales, la carne que proviene de un animal criado y sacrificado para tal fin no sólo se compone de músculo. Contiene además células adiposas, nervios, vasos sanguíneos y, en algunos cortes, tendones y fascias colágenas. Además, una vez el animal es sacrificado, el músculo pierde el aporte de oxígeno y sufre un proceso metabólico por el cual el glucógeno se transforma en ácido láctico que supone una reducción importante del pH muscular, lo que activa una serie de reacciones en cadena que le conferirá sus propiedades finales de terneza y sabor.
La carne de laboratorio carecerá de la mayoría de estos componentes y ofrecerá sólo fibras musculares (miocitos) y posiblemente células grasas (adipocitos). No debemos olvidar que un músculo tiene una función determinada: generar movimiento y esa función confiere al tejido una dureza, consistencia y sabor propios. Todo esto estaría ausente en la carne de laboratorio –aunque algunas empresas afirman que podrán imitar este efecto mediante la estimulación eléctrica de las células cultivadas.
También podrían quedar fuera de la composición de la carne artificial un buen número de vitaminas y micro-minerales, como ya hemos indicado.
Por lo tanto, aunque la carne de laboratorio se compone mayoritariamente de fibras musculares, como la carne natural, quedan muchas dudas sobres si el producto final del cultivo celular tendrá similares propiedades físico-químicas, nutricionales y organolépticas. Más allá del coste final que pueda tener. De hecho, las empresas que apuestan por este modo de producción lo hacen por productos como salchichas, albóndigas o hamburguesas hechas todas a base

Se anticipa una batalla legal sobre si la carne de laboratorio podrá o no denominarse como tal, como ha sucedido con los productos a base de soja y otros ingredientes

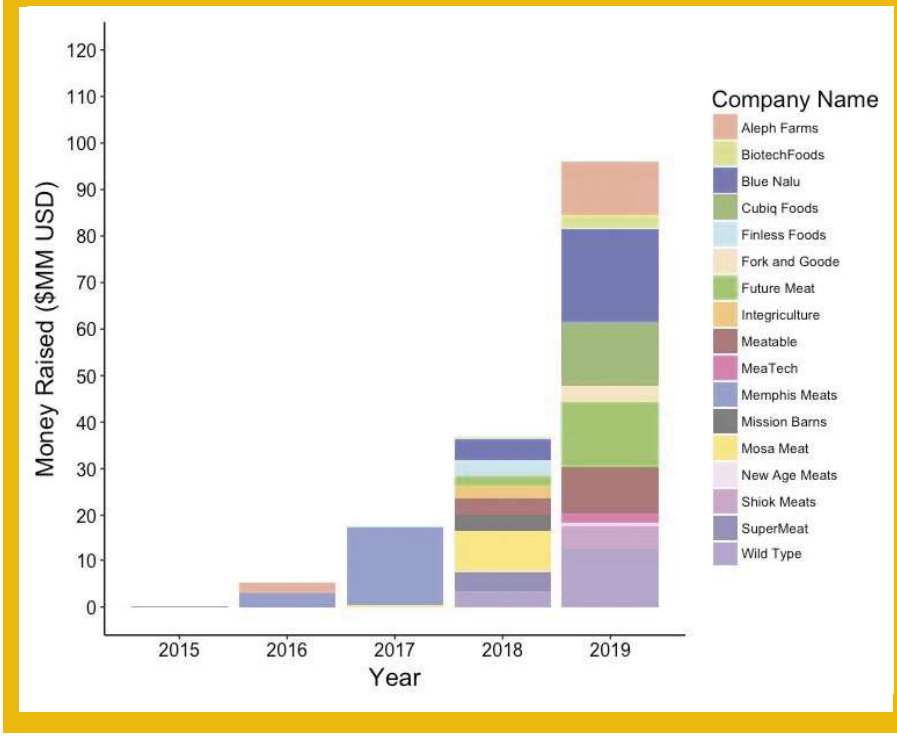
de carne picada, fácil de mezclar con aditivos, colorantes y saborizantes.
No cabe duda de que las autoridades van a examinar con lupa la producción de estos productos. En la UE va a resultar muy difícil puesto que esta tecnología va a requerir el uso de numerosos ingredientes producidos a base de organismos modificados genéticamente (OMG). No es que eso suponga algo negativo per se, pero todos sabemos la posición de la UE y los consumidores en relación a esta tecnología.
Por otra parte, las plantas productoras posiblemente deban cumplir con la normativa GMP (*Good Manufacturing Practices*) común en la industria farmacéutica y con alto impacto en los costes.

Medioambientales

Se alega, como si de un axioma se tratase, que la carne de laboratorio tendrá un impacto mucho menor en el medio ambiente que la carne tradicional.
Según datos de la FAO, la producción ganadera global emite el 14.5% del total de los gases de efecto invernadero, utiliza altos recursos energéticos, mucha superficie y agua. ¿De verdad todos estos insumos se verían drásticamente reducidos en el caso de sustituir la carne de origen animal por la llamada carne artificial?
Los estudios disponibles –pocos- en este campo arrojan estos resultados:

- Todos coinciden en que la carne de laboratorio requerirá el consumo de cantidades de energía mayores que la producción de pollos. Frente a la producción de cerdos, bien la ventaja es minúscula o está en desventaja, según el estudio que consideremos.
- En cuanto a la huella de carbono, la ventaja frente a la producción de pollo o cerdo, si existe, es irrelevante, e incluso un estudio de 2019 de la Universidad de Oxford apunta que es mayor que el que tiene la producción de ganado vacuno.
- Otro estudio, alemán en este caso, que compara la producción de pollo y todas las alternativas a la producción de carne sitúa a la carne de laboratorio como la alternativa con mayor impacto en todos los parámetros medioambientales.

Niveles de inversión hechos públicos en el sector de carne de laboratorio. Empresas y cantidades



Hay que tener presente que mantener un reactor donde se multiplican células musculares requerirá bastante energía: ese cultivo debe estar a 37-38ºC, deben añadirse nutrientes (aminoácidos, vitaminas, oxígeno, etc.) con regularidad, así como retirar materiales de desecho como urea que las células sintetizan como restos de su metabolismo (los cálculos fueron hechos sobre un hipotético reactor de 15.000 litros). Los resultados son claros. Pero es que, además, los estudios omiten tres puntos importantes (parcialmente reconocidos por los autores):

- Los animales producen muchas cosas además de carne, con múltiples usos industriales. Decía Churchill que era absurdo producir un pollo del que sólo se aprovechaban los muslos y las pechugas. El gran político inglés no tenía en la ganadería su fuerte, porque lo cierto y verdad es que de un animal no se desperdicia absolutamente nada. Todo aquello que no incorporamos a la dieta encuentra múltiples usos en la industria. Así de los huesos se extrae colágeno que se usará para producir papel de impresora o película para hacer radiografías; con extractos de piel se manufacturan colas adhesivas, y para terminar con sólo algunos ejemplos, con los pelos se hacen fertilizantes y con la grasa anticongelantes o cera abrillantadora. Por lo tanto, si la carne artificial desplazase la producción ganadera tradicional, todos estos productos deberían manufacturarse a partir de otras materias primas y eso también supondría emisión de gases, uso de energía, agua y superficie.
- Otro punto que estos estudios no entran a valorar es qué haríamos si todos los subproductos vegetales que se administran a los animales tuviesen que ser destruidos. Según estudios de la FAO, el 86% de todo el pienso que consumen los animales está hecho a base de restos vegetales que nosotros no consumimos: peladuras de fruta, restos de cereales, semilla de algodón, torta de soja y un largo etcétera que suponen al año seis mil millones de

No parece sencillo que el consumidor abrace esta tecnología sin reparos, incluso si su coste fuese asequible

toneladas que sin los animales, sin duda, contaminarían el medio tanto si fuesen destruidas como si no.

- Finalmente, la carga ganadera, especialmente de rumiantes, es un factor clave para evitar los incendios forestales. Y su rol es cada vez más reconocido en el sistema ecológico como secuestradores de carbono en las praderas donde pastan rumiantes.

Si el cálculo de estos tres puntos se tuviese en cuenta en estos estudios, el impacto negativo de la carne in vitro sobre el medio sería con toda probabilidad aún mayor. Se podría argumentar, con razón, que una vez la nueva técnica estuviese en marcha se conseguiría reducir estos efectos negativos. Pero hay que considerar que eso también es cierto para la ganadería, puesto que su impacto es mayor en los países menos desarrollados, donde la producción está menos tecnificada.

Éticas y religiosas

Son muy numerosas las consideraciones en este sentido: por una parte, la importante pérdida de variabilidad genética a la que nos llevaría un mundo sin animales de producción; por otra, no hay que olvidar que existe una ligazón importante entre el hombre y los animales, más allá de su valor como alimento. En muchas partes del mundo cumplen funciones sociales muy relevantes (no olvidemos que las vacas son sagradas en la India).

Por otro lado, de asentarse esta tecnología, posiblemente estaría en manos de unas pocas empresas productoras. El riesgo de concentración es sin duda mayor del que presenta la industria ganadera hoy. En otro orden de cosas, si producir carne de laboratorio estuviese al alcance de muchos, ¿cómo evitar los fraudes? ¿quién garantizaría que la carne proviene del animal que indica la etiqueta?

Tampoco está claro que este tipo de alimentos fuesen aceptados por la totalidad de la comunidad musulmana o judía. Las precisas normas referentes a sacrificio y consumo de animales ponen en cuestión que todos los fieles de estas religiones las aceptasen de buen grado.

Y, finalmente, entramos en la cuestión del bienestar animal. Algunos sostienen que un animal, por el hecho de vivir en una granja, tiene una vida miserable, no digna de ser vivida.

Sin embargo, en una granja los animales tienen alimento, están a salvo de las inclemencias climáticas, reciben atención médica, tienen en muchos casos una temperatura controlada y están a salvo de predadores. Sin duda, hay que continuar con los esfuerzos que garanticen el bienestar animal, pero de ahí a concluir que los animales domésticos de producción sufren sin excepción, va un abismo que, cualquiera que haya tenido ocasión de visitar algunas granjas, descarta de inmediato.

Si un día la carne artificial sustituyese completamente a la natural supondría, la desaparición de miles de millones de animales. Ciertamente, muchos de ellos, especialmente en el tercer mundo, viven en condiciones manifiestamente mejorables, pero otros muchos tienen una buena calidad de vida que simplemente no podrían disfrutar si su existencia dejase de tener sentido.

Se perdería el vínculo con los animales en el agro, sería un cambio social profundo en muchas comunidades. La humanidad ha superado otros cambios de similar calado, y posiblemente superaría este también, pero no podemos obviar que la transición no sería fácil.

A la vista de todo lo anterior, y con los datos disponibles hasta ahora, las dificultades técnicas y regulatorias parecen ser realmente muy difíciles de superar. Hemos visto además que el impacto de esta tecnología –en base a los pocos estudios realizados- no sería positivo, sino todo lo contrario para el medio. Todo esto sin pararnos a considerar la baja aceptación que, según numerosas encuestas, despierta esta tecnología entre los consumidores.

Veremos lo que nos depara el futuro, quizá esta tecnología triunfe y convierta la ganadería en una reliquia de museo, tal y como la fotografía digital hizo con los viejos negativos o quizá no sea así. Al fin y al cabo, no son pocas las novedades que no arraigan, bien debido a costes, a dificultades técnicas o a que el público no se adapta ta,l y como está ocurriendo con la clonación de mascotas.

Todo lo anterior arroja ciertas dudas sobre la carne in vitro, tanto sobre su materialización como sobre sus ventajas medioambientales. Los que la promueven la llaman carne ética o carne limpia, los datos sin duda ponen en cuestión esta auto denominación.

Finalmente, apuntar que algunas de las empresas líderes en producción ganadera han invertido en *startups* de carne in vitro. Pero no deja de ser llamativo que estas mismas compañías sigan invirtiendo fuertemente en ampliar sus negocios de ganadería tradicional. Y quizá sea este otro pecado capital de esta tecnología, el nivel de inversión no es extremadamente alto (mucho menos de lo que el ruido mediático indica), sólo unas 100 personas en todo el mundo trabajan a tiempo total en ella. Por ello, en mi opinión, las barreras son mucho más altas que las ventajas que aportaría.

Bibliografía

Si desea consultar la bibliografía utilizada para la elaboración de este artículo, puede solicitara a través de nuestra dirección de correo electrónico (asoprovac@asoprovac.com)

Las opiniones vertidas en este artículo son a título personal del autor y no respresentan la opinión de ninguna empresa o colectivo.