

La carne bovina como parte de una dieta saludable. Una revisión

Beef as part of a healthy diet. A review

Arias, R.^{a,b*}, Velásquez, A.^{c,d}, Morales, R.^e, Alvarado-Gilis, C.^a

^a Facultad de Ciencias Agrarias y Alimentarias, Instituto de Producción Animal, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.

^b Facultad de Ciencias Agrarias y Alimentarias, Centro de Investigación de Suelos Volcánicos.

^c Departamento de Ciencias Agropecuarias y Acuólicas, Facultad de Recursos Naturales, Universidad Católica de Temuco, Temuco 4781312, Chile.

^d Núcleo de Investigación en Producción Alimentaria, Universidad Católica de Temuco, Temuco, Chile.

^e Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA Remehue, Osorno, Chile.

ARTICLE INFO

Article history:

Received 05.11.2021

Accepted 12.04.2022

Keywords:

Animal -based foods
Saturated fats
Cholesterol
Metabolic syndrome
Cardiovascular diseases
Cancer

Review Article,
Animal Science

*Corresponding author:

Rodrigo Arias

E-mail address:

rodrigo.arias@uach.cl

ABSTRACT

For decades the consumption of red meat has been subject of global debate. First for its effect on human health and more recently for ethical and environmental issues. However, meat has been part of human diet for more than 3 million years, and it is considered as critical in man's evolution, as well as in the development of his cognitive abilities. Since late 1970s there have been a growing pressure to reduce their consumption based mainly on epidemiological studies, which establish associations but not causality. However, results from randomized controlled studies, the most reliable and accepted scientific evidence, have not been able to establish causality between its consumption and cardiovascular diseases and/or cancer, nor of these with the consumption of saturated fats. This raises reasonable doubts about the effectiveness of current nutritional recommendations and their potential impact on health. In this paper we present recent evidence on the effect of consumption of saturated fat and beef on health, as a new paradigm. This food with low caloric content and high nutrient density, in turn of high bioavailability, also provides important functional metabolites for human health, and can be perfectly part of a healthy and environmentally friendly diet.

RESUMEN

Por décadas el consumo de carnes rojas ha sido tema de debate a nivel global. Primero por su efecto sobre la salud y más recientemente por temas éticos y ambientales. Sin embargo, la carne ha sido parte de nuestra dieta por más de 3 millones de años, y es considerada como crítica en la evolución del hombre y en el desarrollo de sus habilidades cognitivas. Las presiones por reducir su consumo desde fines de los 70s también se ha basado en estudios de epidemiológicos, los que establecen asociaciones pero no causalidad. Sin embargo, diversos estudios aleatorizados controlados no han logrado establecer causalidad entre su consumo y enfermedades cardiovasculares y/o cáncer, ni tampoco de estas con el consumo de ácidos grasos saturados. Esto genera dudas razonables sobre la efectividad de las actuales recomendaciones nutricionales y su potencial impacto en la salud. En este trabajo presentamos evidencia reciente sobre el efecto del consumo de grasas saturadas y carne bovina en la salud, como un nuevo paradigma. Este alimento de bajo contenido calórico y alta densidad de nutrientes, a su vez de alta biodisponibilidad, también aporta importantes metabolitos funcionales para la salud humana, pudiendo ser perfectamente parte de una dieta saludable y amigable con el ambiente.

Palabras clave: Alimentos origen animal, grasas saturadas, colesterol, síndrome metabólico, enfermedades cardiovasculares, cáncer.

INTRODUCCIÓN

Al finalizar la década de los años 70s comenzó, primero en Estados Unidos y luego a nivel mundial, una fuerte campaña por reducir el consumo de productos de origen animal, arguyendo que dado su contenido de

colesterol y grasas saturadas se aumentaba el riesgo de las enfermedades cardiovasculares, la principal causa de muerte mundial en ese entonces. Previamente la ciencia de la nutrición y las guías nutricionales se habían centrado en nutrientes específicos y las principales políticas de salud pública en las deficiencias de micronutrientes.

Esto condujo a la fortificación de alimentos básicos seleccionados; por ejemplo, yodo en sal, vitamina B3, hierro en la harina de trigo y el pan. Sin embargo, en esa misma década el enfoque comienza a centrarse en la prevención de enfermedades crónicas como las cardiovasculares. Las pautas dietéticas de Estados Unidos publicadas por primera vez en 1977, así como las pautas de muchos otros países publicadas con posterioridad han propuesto una reducción de productos de origen animal y de carnes rojas en particular. La industria de los lácteos se adaptó y redujo el contenido en grasas (leches descremadas o semidescremadas, productos light), pero en el caso de la carne se privilegió el uso de razas más magras. No obstante, durante la última década han comenzado a surgir cada vez con más frecuencia cuestionamientos a la esencia de la hipótesis de los lípidos que fue la que sustentó el mensaje anti grasa (Malhotra, 2013; Harcombe et al., 2017a; Astrup et al., 2019). Esto podría ser el inicio de un cambio de paradigma en la nutrición humana y en los sistemas de producción de carne.

Por más de tres décadas la presión mundial hacia la producción animal y de carne, en particular, se centró en torno a la salud. Sin embargo, ahora esta ha girado en torno al impacto ambiental y en específico al calentamiento global (Steinfeld et al., 2006), instalando la idea de que el ganado bovino es el gran responsable de este, particularmente por las emisiones de metano entérico (CH_4). Sin embargo, la FAO realizó una rectificación de sus estimaciones iniciales reduciendo la contribución de gases efecto invernadero de 18% al 14,5% (Gerber et al., 2013). Por otra parte, recientemente se ha planteado una nueva metodología para estimar el real poder de calentamiento del metano entérico dado que este es un gas de corta vida en la atmósfera (Cain et al., 2019; Thompson y Rowntree, 2020). Cabe destacar que esta metodología fue recientemente aceptada por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC). En conjunto estos aspectos plantean nuevos cuestionamientos sobre el verdadero rol de los bovinos en el calentamiento global.

Por otra parte, algunos autores han planteado que la condición de obesidad de la población humana contribuiría con un 20% más de emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con personas de peso normal, debido al aumento del metabolismo oxidativo, la ingesta de alimentos y el uso de combustibles fósiles para el transporte (Magkos et al., 2020). Si bien estos temas no deben pasarse por alto requieren de un análisis separado, por lo que en este artículo nos centramos en la evidencia científica reciente respecto del consumo de carne en la salud de las personas, así como en los principales desafíos y oportunidades que ello implica.

El origen del dogma

Las recomendaciones de reducción en el consumo de carnes rojas se originan bajo la premisa de reducir el

riesgo de enfermedades cardiovasculares en la población, dada la existencia de una asociación entre niveles de colesterol en plasma con enfermedades cardiovasculares. Esta idea fue conocida como la “Hipótesis de los Lípidos”, acuñada por Ancel Keys luego de publicar su estudio de los 7 países (Keys, 1970). A partir de entonces cambió de manera sustantiva la forma en que la humanidad percibe las grasas y las carnes rojas como parte de su dieta (Harcombe et al., 2015), así como también la forma en que se producen estos alimentos. Como resultado de estas políticas la industria alimentaria desarrolló una gran variedad de alimentos (procesados y ultra procesados) que sustituyeron las grasas por azúcares, dando origen a los denominados productos “light” o bajos en grasas y las margarinas. Actualmente, se estima que sobre el 75% de los productos alimenticios comercializados contienen azúcar agregada (Ng et al., 2012). Irónicamente, luego de más cuatro décadas aún no se ha logrado demostrar que el colesterol fuera causante de las enfermedades cardiovasculares ni tampoco se logró demostrar que este fuese un buen predictor de riesgo (Chan y McDonald, 1991). Por el contrario, el colesterol es una molécula muy importante para la vida pues forma parte de todas las membranas celulares al mantener su fluidez, es precursor de sustancias vitales para la vida incluyendo hormonas esteroidales, sales biliares y vitamina D (Enig, 2000). También existe evidencia de que personas de 60 años y más, las mayores concentraciones de lipoproteínas de baja densidad (LDL-C) se asocian con una mayor sobrevivencia (Grasgruber et al., 2016; Maihofer et al., 2020). En efecto, desde el año 2015 las mismas Guías Alimentarias para los estadounidenses (pág. 58) señala: “Anteriormente, El DGAC recomendaba que la ingesta de colesterol se limitara a no más de 300 mg/día. El DGAC de 2015 no presentará esta recomendación porque la evidencia disponible no muestra una relación apreciable entre el consumo de colesterol en la dieta y el colesterol sérico, de acuerdo con el reporte de la AHA/ACC. El colesterol no es un nutriente de preocupación por sobreconsumo”¹. Previo a este reconocimiento, muchos científicos centraron su foco en LDL-C como responsable de las enfermedades cardiovasculares. Desde entonces muchos médicos y nutricionistas apuntan a reducir los niveles de colesterol en plasma, ya sea a través de cambios en la dieta o mediante el uso de medicamentos como las estatinas. Al igual que en el caso del colesterol estas “verdades aceptadas”, no se basan en una sólida evidencia científica que demuestre causalidad, sino que más bien nuevamente en estudios de asociación. Cabe señalar que, este tipo de estudios ha sido fuertemente cuestionado (Ioannidis, 2005, 2016), dado que se sus-

¹ DGAC = Dietary Guidelines Advisory Committee; AHA = American Heart Association; ACC = American College of Cardiology; Disponible en: <https://ealth.gov/dietaryguidelines/2015-scientific-report/>

tentan en sistemas de levantamiento de información poco precisos como lo es el uso de cuestionarios. El poder capturar con precisión la ingesta nutricional con este tipo de metodología es notoriamente difícil. No obstante, esta es utilizada mayoritariamente en los estudios de epidemiología nutricional (Ioannidis, 2013). Por ejemplo, Archer *et al.* (2013) demostraron que más de dos tercios de los participantes del estudio NAHNES (basado en esta metodología), presentaban una ingesta de energía que es incompatible con la vida.

En consecuencia, gran parte de la mala reputación de las carnes rojas se basa en estudios epidemiológicos nutricionales los que debiesen ser utilizados para levantar hipótesis, pero en ningún caso para determinar causalidad, ya que hay un sinnúmero de variables que causan confusión en la interpretación de estos resultados. Sobre la base de estos factores, está claro que los estudios epidemiológicos individuales en carnes rojas no pueden probar casi nada. A pesar de ello, y como ocurrió con el colesterol, no se ha logrado demostrar una relación de causalidad entre LDL-C dietario con las enfermedades cardiovasculares (Maihofer *et al.*, 2020; Ravnkov *et al.*, 2021). Existiendo en la actualidad preocupación por el uso de las estatinas, en especial en pacientes que no han sufrido eventos cardiovasculares (Ramos *et al.*, 2018; Byrne *et al.*, 2019), ya que en algunos casos no se han evidenciado beneficios, y por el contrario se reportan diversos efectos adversos por su utilización. En este sentido, cabe señalar que Brown y Goldstein (1996), vaticinaban el final de las enfermedades cardíacas antes del comienzo del siglo XXI por el uso de estatinas y menor consumo de productos de origen animal. Sin embargo, el uso de estatinas se ha asociado con un mayor riesgo de diabetes mellitus y elevación de las transaminasas hepáticas así como dolores musculares y, muy raramente, rhabdomiolisis (Jukema *et al.*, 2012; Ruscica *et al.*, 2022). Recientemente, sin embargo, el debate se ha centrado en los posibles efectos negativos a largo plazo del tratamiento con estatinas sobre el deterioro cognitivo, la incidencia de cáncer y el desarrollo de diabetes mellitus (Mach *et al.*, 2018). Diversos estudios, como JUPITER y FOURIER (usando estatinas y PCSK9) han logrado reducir el colesterol LDL entre 50 y 59% respectivamente. Sin embargo, la reducción en mortalidad en ambos estudios fue de 0 y 0,55% respectivamente (Vaccarino *et al.*, 2009; van Bruggen y Luijendijk, 2022). En efecto, otro estudio ha reportado que la mediana de postergación de la muerte fue de 3.2 y 4.1 días, respectivamente (Kristensen *et al.*, 2015). Sin embargo, las enfermedades cardiovasculares siguen siendo una de las principales causas de muerte a nivel mundial², a lo cual se suma una creciente e importante pandemia de sobrepeso y obesidad. Según datos de la OMS la obesidad se ha triplicado des-

de 1975. En efecto en el 2016 el 13% de las personas mayores de 18 años en el mundo eran obesos, mientras que el 39% tenía sobrepeso. En Chile, según datos de la última encuesta Nacional de Salud, realizada en 2016-2017, un 74,2% de la población adulta presentaba algún tipo de exceso de peso (Margozzini y Passi, 2018), observándose una mayor concentración en la población con menores recursos económicos y nivel de educación (Azar *et al.*, 2015). Por ello, la obesidad es uno de los mayores desafíos para la población mundial, pues esta ha aumentado de manera importante, no registrándose éxitos en su control ni en su reducción en las últimas décadas (Ng *et al.*, 2014).

Así la falta de progreso en el control de enfermedades cardiovasculares y el empeoramiento de la salud mundial (aumento del síndrome metabólico), ha levantado serios cuestionamientos sobre la validez y real éxito de las actuales recomendaciones nutricionales y médicas en estas materias (Harcombe *et al.*, 2013; Ravnkov *et al.*, 2014; Harcombe *et al.*, 2015; Teicholz, 2015; Harcombe, 2017). En efecto, Lamarche y Couture (2014) plantean la necesidad de revisarlas, en particular en lo que respecta a los valores recomendados para las grasas saturadas. Estos autores y otros como DiNicolantonio (2014) plantean que dichos valores no se basan en ninguna evidencia científica como son los estudios controlados aleatorios, particularmente sobre las recomendaciones que promueven dietas bajas en grasas, y aquellas que promueven los carbohidratos y ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) omega-6 (ω -6). Según este autor, este tipo de recomendación estaría promoviendo la actividad pro-inflamatoria crónica, lo que a su vez contribuiría a las enfermedades cardiovasculares y el síndrome metabólico (Malhotra *et al.*, 2017). Lo anterior se explicaría por el creciente consumo de aceites vegetales, siendo los más comunes y accesibles para la población el de soya, maravilla y maíz. Todos ellos ricos en AGPI ω -6, presentado relaciones ω -6: ω -3 que se encuentran muy por sobre los recomendado por la organización Mundial de la Salud (OMS). En tanto, las grasas animales presentan valores de ω -6 como de la relación ω -6: ω -3 mucho más bajas, dentro de lo recomendado por la OMS, en especial aquella proveniente de animales alimentados en sistemas pastoriles.

Cuando se evalúa el impacto de las recomendaciones dietarias sobre el consumo de carnes rojas se evidencia una caída de esta, especialmente después de los años 70s (Daniel *et al.*, 2011), al igual que el de productos lácteos enteros. En general, estos productos han sido reemplazados por carbohidratos refinados y azúcar (Martínez Steele *et al.*, 2017). La consecuencia de este cambio dietario se manifiesta en una elevada concentración de triglicéridos en el plasma (Parks y Hellerstein, 2000). Al respecto, Volek *et al.* (2009) demostraron que un alto contenido de carbohidratos en la dieta produce resistencia a la insulina y un aumento

² Organización Mundial de la Salud. Fact Sheet N°317 Updated January 2015.

en los ácidos grasos sintetizados “*de novo*”, con lo que aumenta el riesgo de enfermedades cardiovasculares y del síndrome metabólico.

Cabe señalar que a fines de la década de los 90s se subdividió el LDL-C en función de su tamaño y número de partículas, agrupándose en dos tipos o patrones (Krauss, 2001). Las moléculas grandes y esponjosas denominadas patrón A ($\geq 25\text{nm}$) y las otras más pequeñas y compactas como patrón B ($\leq 25\text{nm}$). Estas últimas se han asociado a la obstrucción de las arterias (Koba et al., 2006; Saeed et al., 2020), ya que permanecen más tiempo circulando, y finalmente sufriendo oxidación y glucosilación, formando así placa aterogénica (Badimón et al., 2009). Diversos autores han planteado que dietas altas en grasas saturadas producen un aumento en las concentraciones de LDL-C patrón A, que es menos riesgoso para las enfermedades cardiovasculares, y no provocan un aumento en el LDL-C patrón B (Faghihnia et al., 2012). El patrón B ha sido señalado como un importante predictor de eventos cardiovasculares y de la progresión de la enfermedad arterial coronaria (Rizzo y Berneis, 2006). En resumen, la teoría de los lípidos y las recomendaciones nutricionales sugeridas en base a ésta no han logrado los resultados esperados, es decir, reducir las muertes por enfermedades cardiovasculares.

La demonización de las carnes rojas por sus grasas saturadas

En el contexto antes señalado las carnes rojas, así como los productos lácteos fueron declarados como potencialmente adversos para la salud de las personas por su contenido de grasas saturadas y colesterol. No obstante, sólo mantequilla presenta una concentración de ácidos grasos alta (51%), mientras que la grasa bovina y la manteca de cerdo tienen valores inferiores (46% y 36%, respectivamente). En efecto, existen productos de origen vegetal con mayores proporciones de ácidos grasos saturados como por ejemplo el aceite de semilla de palma (79%), aceite de coco (84%) y la manteca de cacao (54%). No obstante, es preciso señalar que no existe a la fecha ninguna evidencia científica de tipo causal que demuestre que las grasas saturadas dietarias son perjudiciales para la salud de las personas y que consecuentemente justifiquen los valores máximos establecidos en las actuales guías nutricionales. Por el contrario, en la última década ha surgido bastante evidencia que descarta algún tipo de relación causal del consumo de grasas saturadas con enfermedades cardiovasculares o muertes por todas las causas (Siri-Tarino et al., 2010; DiNicolantonio et al., 2016; Nettleton et al., 2016; Mente et al., 2017; Zhu et al., 2019). En este mismo sentido, Malhotra et al. (2017) plantean que la enfermedad coronaria sería el resultado de un estado inflamatorio crónico, el que contribuye

a la deposición de colesterol dentro de la pared de la arteria y la posterior formación de placa aterogénica, pero no por el consumo de grasas saturadas.

En el año 2019, el Fondo Mundial para la Investigación del Cáncer planteó que el consumo de carnes no procesadas y procesadas se asocia a distintos tipos de cáncer, siendo el cáncer colon-rectal uno de los más publicitados. Sin embargo, Alexander et al. (2009) reportaron que el riesgo de cáncer colon-rectal no se asoció con el consumo de grasa saturada o la ingesta de carnes rojas. En tanto, diversos estudios de meta análisis han determinado que efectos absolutos del consumo de carnes rojas y carnes procesadas, así como su asociación con la mortalidad por todas las causas y la incidencia del cáncer son muy pequeños. Los autores agregan que la certeza de la evidencia es baja a muy baja (Han et al., 2019; Zeraatkar et al., 2019). Por el contrario, varios autores indican que las carnes rojas son uno de los alimentos más saludables y una fuente importante de hierro y vitamina B (Siri-Tarino et al., 2010; Mente et al., 2017; Astrup et al., 2020; Leroy y Barnard, 2020; Iqbal et al., 2021). Observándose deficiencias en la población de estos y otros macronutrientes en quienes no consumen productos de origen animal (Larpin et al., 2019; Rocha et al., 2019; Chong et al., 2020)

Es preciso señalar que en estudios médicos y de nutrición humana los ensayos aleatorizados controlados son considerados como la forma más fiable de evidencia científica, porque eliminan mayormente las formas de sesgo. Como se señaló anteriormente este tipo de estudios señala que no existe relación alguna entre consumo de grasas saturadas y enfermedades cardiovasculares, ni tampoco con la mortalidad total (Teicholz, 2015; Harcombe et al., 2017b). En efecto las carnes rojas contribuyen con ácidos grasos beneficiosos para la salud, destacando aquellos que se observan en animales provenientes de sistemas pastoriles (McAfee et al., 2010), como es el caso chileno. Estas carnes son muchas más ricas en AGPI ω -3 y ácidos linoleicos conjugados (CLA) con sus diversos isómeros en comparación con la de animales que reciben una dieta rica en maíz. Por otra parte, algunos ácidos grasos saturados presentes en la carne como el ácido esteárico elevan el HDL-C, el que a su vez ayuda a prevenir la formación de placa aterogénica en las arterias. En tanto, diversos investigadores señalan que la concentración de LDL-C patrón B (más riesgoso para enfermedades cardiovasculares), se presentarían en mayor cantidad en aquellas personas que consumen una dieta baja en grasas y rica en carbohidratos, especialmente aquellas ricas en azúcares (Desroches y Lamarche, 2004; Siri y Krauss, 2005; Rizzo y Berneis, 2006).

Aun cuando como especie estemos biológicamente adaptados a dietas que incluyen cantidades sustanciales de carne esto por sí solo no prueba que las dietas bajas en carne no puedan ser saludables. Sin embargo,

cuando se trata de prácticamente todas las demás especies, generalmente se da por hecho que estas prosperarán mejor con una dieta que se ajuste o parezca a aquella a la que se adaptó (Leroy y Cofnas, 2020). Al respecto, Appleby *et al.* (2016) señalan que no hay diferencias en la mortalidad al comparar personas con dietas vegetarianas respecto de personas consumidoras de carne, a pesar de que las personas que consumen carne tienden a ser menos preocupadas de su salud (Slattery *et al.*, 1991) y los riesgos de deficiencia de micronutrientes en aquellos que no consumen carnes.

Actualmente nos encontramos ante un importante cambio de paradigma en lo que respecta las recomendaciones nutricionales, en especial respecto de la carne (Binnie *et al.*, 2014). Durante los últimos 50 años se ha promovido enérgicamente la reducción del consumo de carnes rojas y productos lácteos por sus contenidos de grasas saturadas y colesterol, amparados fundamentalmente en la premisa de que estos aumentan el riesgo de enfermedades cardiovasculares. Sin embargo, no existe relación directa entre los valores de grasas saturadas en el plasma sanguíneo con el nivel de grasas saturadas consumidos en la dieta (Forsythe *et al.*, 2008). Estos mismos autores reportaron que sujetos que consumieron una dieta baja en carbohidratos y alta en grasas (tres veces más grasa dietaria que el control) vs. una dieta baja en grasa, mostraron consistentemente una mayor reducción en las proporciones relativas de la mayoría de los ácidos grasos saturados circulando en el plasma sanguíneo, tanto en las fracciones de triglicéridos como de ésteres de colesterol, principalmente en ácido mirístico (C14:0) y ácido palmítico (C16:0). En este mismo sentido, es importante destacar que existe una demostrada relación entre la concentración en el plasma sanguíneo de ácidos grasos saturados, particularmente ácido palmítico (C16:0) con un mayor riesgo de enfermedades cardiovasculares y ataques al corazón. Pero, como mencionamos anteriormente no hay evidencia de causalidad que indique que el consumo de alimentos ricos en ácidos grasos saturados, como los que se encuentran en la carne o productos lácteos, implique mayores concentraciones de ácidos grasos saturados séricos. En este mismo contexto, se ha observado que los ácidos grasos palmítico y palmitoleico (C16:ω-7) aumentan en dietas ricas en carbohidratos refinados y azúcares (Volek *et al.*, 2009). Ambos son sintetizados *de novo* en el organismo, lo que podría explicar los aumentos de ácidos grasos y triglicéridos circulando en plasma. En tanto los mismos autores señalan que dietas bajas en carbohidratos y con más grasas saturadas presentaron valores más bajos de ácido palmitoleico (C16:ω-7) y de ácidos grasos saturados.

La carne contiene también distintos isómeros de CLA considerados benéficos para la salud, destacando sus efectos antiaterogénico y antitrombogénico (Dilzer y Park, 2011). Por otra parte, los ácidos vaccénico

(trans-11 C18:1) y ruménico (cis-9 trans-11 C18:2) reducen la resistencia a la insulina (Diane *et al.*, 2016; Nguyen *et al.*, 2019). Se planteado que el ácido vaccénico (trans-11 C18:1) atenúa la dislipidemia, hígado graso e inflamación (Jacome-Sosa *et al.*, 2016), por la reducción de las citoquinas pro-inflamatorias y la agregación plaquetaria (Jaudszus *et al.*, 2012). Por su parte, Gebauer *et al.* (2011), señalan que el ácido ruménico (cis-9 trans-11 C18:2) reduce el riesgo de enfermedades cardiovasculares y cáncer, incrementa la masa ósea y modula la respuesta inmune e inflamatoria. Es relevante destacar que las concentraciones de estos ácidos son mayores en animales alimentados en sistemas pastoriles que en animales alimentados con concentrados. Es preciso destacar que el aporte nutricional de los productos de animales provenientes de sistemas pastoriles va más allá de los ácidos grasos ω-3 y de los CLA. En efecto, investigaciones recientes indican la existencia de unos 150 componentes identificados en los productos de origen animal, de los cuales solo unos 13 aparecen en las etiquetas nutricionales, por lo que, si un consumidor utiliza esta información para tomar una decisión, solo lo hará con menos del 10% del real aporte nutricional de este alimento (van Vliet *et al.*, 2020; van Vliet *et al.*, 2021a). Así entonces el ganado alimentado en praderas polifíticas concentra una variedad más amplia y mayores cantidades de fitoquímicos (en la carne y leche) en comparación con los observados en animales en praderas monofíticas y que en animales alimentados en base a granos (van Vliet *et al.*, 2021b). Estos fitoquímicos (terpenoides, fenoles, carotenoides y antioxidantes) promueven la salud y se encuentran en la carne y la leche en cantidades comparables a las que se encuentran en los alimentos vegetales, que se sabe tienen efectos antiinflamatorios, anticancerígenos y cardioprotectores (van Vliet *et al.*, 2021b).

Por otra parte, las distintas fuentes dietarias de proteína varían ampliamente en su calidad, siendo las proteínas de origen vegetal generalmente de menor calidad que las proteínas de origen animal, debido a los perfiles incompletos de aminoácidos o bien debido a una menor digestibilidad y disponibilidad de estos. Actualmente, la calidad de las proteínas se evalúa a través de la puntuación de aminoácidos indispensables digeribles (DIAAS, de sus siglas en inglés). Este método compara la cantidad de cada aminoácido indispensable disponible de la dieta con la cantidad requerida y la proporción más baja de un aminoácido determinada sobre todos los aminoácidos (factor limitante). En efecto, debe tenerse en cuenta que la mayoría de los alimentos no cárnicos contienen solo del 20 al 60 % de la densidad proteica de la carne (Bohrer, 2017). Por ello se plantea que en la medida que la proporción de proteínas de origen vegetal aumentan en la dieta, disminuye el valor de DIAAS de esta (Moughan, 2021). En general las proteínas de origen vegetal presentan digestibilidad

des de sus aminoácidos más bajas en comparación con las de origen animal, porque contienen varios polisacáridos no amiláceos (fibra) así como también factores antinutricionales. Es por ello que las proteínas de origen animal tienen un DIAAS más alto que las proteínas vegetales, la que en muchas ocasiones duplica su valor (Bohrer, 2017; Sá et al., 2020; Moughan, 2021).

Las constantes campañas de demonización de las carnes durante las últimas décadas han afectado la percepción de los consumidores respecto al valor nutricional de esta matriz alimentaria, la cual provee de importantes aminoácidos funcionales (Wu, 2020). Estos aminoácidos regulan vías metabólicas claves que contribuyen a mejorar la salud, el crecimiento y el desarrollo tanto en animales como en el ser humano. La carne bovina es una importante fuente de algunos de estos aminoácidos, como son: Taurina, Carnosina, Anserina y 4-hidroxiprolina, así como de Creatina (un metabolito de los aminoácidos). Por ejemplo, la taurina es considerado un alimento esencial desde el punto de vista nutricional para los niños, y un aminoácido condicionalmente esencial para adultos (Wu, 2020). Estos cinco nutrientes son muy abundantes en la carne de vacuno y tienen funciones fisiológicas importantes en las reacciones antioxidantes y antiinflamatorias, así como en la función neurológica, muscular, retinal, inmunológica y cardiovascular. Cabe destacar que 4 de estos nutrientes (Taurina, Carnosina, Anserina y Creatina) están ausentes en las plantas, y la hidroxiprolina es insignificante en muchos alimentos de origen vegetal (Wu, 2020).

Otro importante nutriente que aporta la carne, aunque no exclusivamente, es la colina, la que está involucrada en tres procesos fisiológicos principales en el organismo: la integridad estructural y señalización derivada de lípidos para las membranas celulares, neurotransmisión colinérgica y metilación (Zeisel y da Costa, 2009; Blusztajn et al., 2017; Wortmann y Mayr, 2019). Se ha planteado que la colina juega un importante rol en los mecanismos epigenéticos (Zeisel, 2017), es decir, aquellos que modifican la expresión de los genes sin modificar el código genético (Zeisel et al., 2003). Junto a las vitaminas del complejo B, como el folato (B9) y cobalamina (B12) podrían desempeñar un papel importante en: a) la prevención de enfermedades cardiovasculares, al reducir la presión arterial, alterar los perfiles de lípidos y reducir los niveles de homocisteína en plasma; b) Trastornos neurológicos, ya que se ha determinado que personas con enfermedad de Alzheimer tienen niveles más bajos de la enzima que convierte la colina en acetilcolina en el cerebro. Además, debido a que la fosfatidilcolina puede servir como precursor de fosfolípidos, podría ayudar a mantener la integridad estructural de las neuronas y, por lo tanto, podría promover la función cognitiva en adultos mayores; y c) hígado graso no alcohólico, ya que la colina, especialmente la fosfatidilcolina, es esencial para el transporte de lípidos desde el hígado (Meyer y Shea, 2017). La Figura 1 resume conceptualmente los distintos roles de la producción y consumo de carnes sobre el ambiente y la salud de las personas.

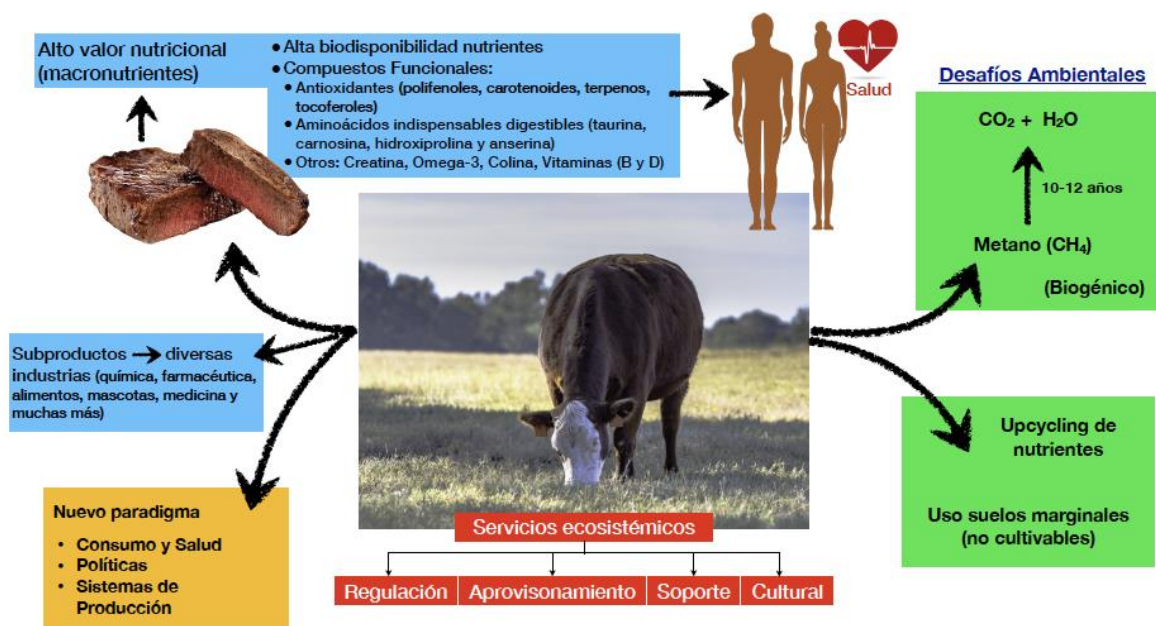


Figura 1. Esquema conceptual de los principales roles de la producción de carne bovina en la salud de las personas y el medio ambiente.

Figure 1. Conceptual scheme of the main roles of beef production on human health and the environment.

En Chile, predominan los sistemas de producción de carne de tipo pastoril o bien los encierres a corral, pero con altos niveles de alimentos fibrosos (ensilajes-henolajes) en la dieta, lo que los diferencia de los sistemas de feedlots de Estados Unidos, Canadá y Australia, con alto nivel de inclusión de granos de cereales o sus derivados. Así entonces, la caracterización de los sistemas productivos nacionales en términos de la calidad de producto obtenido así como su impacto ambiental asociado (secuestro de carbono por ejemplo), permiten pensar en la diferenciación de estos accediendo a beneficios económicos ya sea por su calidad y/o por su sostenibilidad.

CONCLUSIONES

Tanto las políticas como guías nutricionales tienen un gran impacto en los hábitos de consumo de la población, así como también en la forma en que los alimentos se producen. Los estudios que dieron sustento a las actuales guías nutricionales y políticas públicas son mayoritariamente estudios de asociaciones y no de causa-efecto. El cambio de paradigma en nutrición humana puede representar una importante oportunidad para sistemas de producción pastoril por las bondades de estos sistemas productivos tanto en los aspectos de calidad y nutrición, bienestar animal y menor impacto ambiental. Se necesita profundizar los trabajos en el área productiva evaluando el efecto del sistema productivo en la calidad del producto y de la relación de estos con la salud de las personas. Sin embargo, es necesario trabajar en estrategias de concientización y educación de los consumidores en estas temáticas.

Financiamiento

Este manuscrito no recibió ningún tipo de subvención de agencias de financiamiento del sector público y/o comercial.

REFERENCIAS

- Alexander, D.D., Cushing, C.A., Lowe, K.A., Scurman, B., Roberts, M.A., 2009. Meta-analysis of animal fat or animal protein intake and colorectal cancer. *The American Journal of Clinical Nutrition* 89, 1402–1409. <https://doi.org/10.3945/ajcn.2008.26838>
- Appleby, P.N., Crowe, F.L., Bradbury, K.E., Travis, R.C., Key, T.J., 2016. Mortality in vegetarians and comparable nonvegetarians in the United Kingdom. *The American Journal of Clinical Nutrition* 103, 218–30. <https://doi.org/10.3945/ajcn.115.119461>
- Archer, E., Hand, G.A., Blair, S.N., 2013. Validity of U.S. Nutritional Surveillance: National health and nutrition examination survey caloric energy intake data, 1971–2010. *PLOS ONE* 8, e76632. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0076632>
- Astrup, A., Bertram, H.C., Bonjour, J.P., de Groot, L.C., de Oliveira Otto, M.C., Feeney, E.L., Garg, M.L., Givens, I., Kok, F.J., Krauss, R.M., Lamarche, B., Lecerf, J.M., Legrand, P., McKinley, M., Micha, R., Michalski, M.C., Mozaffarian, D., Soedamah-Muthu, S.S., 2019. WHO draft guidelines on dietary saturated and trans fatty acids: time for a new approach? *BMJ* 366, l4137. <https://doi.org/10.1136/bmj.l4137>
- Astrup, A., Magkos, F., Bier, D.M., Brenna, J.T., de Oliveira Otto, M.C., Hill, J.O., King, J.C., Mente, A., Ordovas, J.M., Volek, J.S., Yusuf, S., Krauss, R.M., 2020. Saturated fats and health: A reassessment and proposal for food-based recommendations JACC State-of-the-art Review. *Journal of the American College of Cardiology* 76, 844–857. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2020.05.077>
- Azar, A., Franetovic, G., Martínez, M., Santos, H., 2015. Determinantes individuales, sociales y ambientales del sobrepeso y la obesidad adolescente en Chile. *Revista Médica de Chile* 143, 598–605. <http://dx.doi.org/10.4067/S0034-98872015000500007>
- Badimón, L., Vilahur, G., Padró, T., 2009. Lipoproteínas, plaquetas y aterotrombosis. *Revista Española de Cardiología* 62, 1161–1178. [https://doi.org/10.1016/S0300-8932\(09\)72385-1](https://doi.org/10.1016/S0300-8932(09)72385-1)
- Binnie, M.A., Barlow, K., Johnson, V., Harrison, C., 2014. Red meats: Time for a paradigm shift in dietary advice. *Meat Science* 98, 445–451. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.06.024>
- Blusztajn, J.K., Slack, B.E., Mellott, T.J., 2017. Neuroprotective actions of dietary choline. *Nutrients* 9, 23. <https://doi.org/10.3390/nu9080815>
- Bohrer, B.M., 2017. Review: Nutrient density and nutritional value of meat products and non-meat foods high in protein. *Trends in Food Science & Technology* 65, 103–112. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.04.016>
- Brown, M.S., Goldstein, J.L., 1996. Heart Attacks: Gone with the century? *Science* 272, 629. <https://doi.org/10.1126/science.272.5262.629>
- Byrne, P., Cullinan, J., Smith, S.M., 2019. Statins for primary prevention of cardiovascular disease. *BMJ* 367, l5674. <https://doi.org/10.1136/bmj.l5674>
- Cain, M., Lynch, J., Allen, M.R., Fuglestedt, J.S., Frame, D.J., Macey, A.H., 2019. Improved calculation of warming-equivalent emissions for short-lived climate pollutants. *npj Climate and Atmospheric Science* 2, 29. <https://doi.org/10.1038/s41612-019-0086-4>
- Chan, J.K., McDonald, B.E., 1991. Reducing cholesterol intake: Are the recommendations valid? *Canadian Family Physician* 37, 673–677.
- Chong, M.F.F., Bui, C.T., Jaisamrarn, U., Pacquing-Songco, D., Shaw, S.W., Tam, C.T., Bardosono, S., 2020. A landscape of micronutrient status in women through the reproductive years: Insights from seven regions in Asia. *Women's Health* 16, 1745506520973110. <https://doi.org/10.1177/1745506520973110>
- Daniel, C.R., Cross, A.J., Koebnick, C., Sinha, R., 2011. Trends in meat consumption in the USA. *Public Health Nutrition* 14, 575–583. <https://doi.org/10.1017/S1368980010002077>
- Desroches, S., Lamarche, B., 2004. Diet and low-density lipoprotein particle size. *Current Atherosclerosis Reports* 6, 453–460. <https://doi.org/10.1007/s11883-004-0086-6>

- Diane, A., Borthwick, F., Mapiye, C., Vahmani, P., David, R.C., Vine, D.F., Dugan, M.E.R., Proctor, S. D., 2016. Beef fat enriched with polyunsaturated fatty acid biohydrogenation products improves insulin sensitivity without altering dyslipidemia in insulin resistant JCR:LA-cp rats. *Lipids* 51, 821–831. <https://doi.org/10.1007/s11745-016-4148-7>
- Dilzer, A., Park, Y., 2011. Implication of conjugated linoleic acid (CLA) in human health. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 52, 488–513. <https://doi.org/10.1080/10408398.2010.501409>
- DiNicolantonio, J.J., 2014. The cardiometabolic consequences of replacing saturated fats with carbohydrates or Omega-6 polyunsaturated fats: Do the dietary guidelines have it wrong? *Open Heart* 1, 1–3. <https://doi.org/10.1136/openhrt-2013-000032>
- DiNicolantonio, J.J., Lucan, S.C., O’Keefe, J.H., 2016. The evidence for saturated fat and for sugar related to coronary heart disease. *Progress in Cardiovascular Diseases* 58, 464–472. <https://doi.org/10.1016/j.pcad.2015.11.006>
- Enig, M.G., 2000. “Know your Fats: The complete primer for understanding the nutrition of fats, oils, and cholesterol,” Bethesda Press, Silver Spring, MD.
- Faghihnia, N., Mangravite, L.M., Chiu, S., Bergeron, N., Krauss, R.M., 2012. Effects of dietary saturated fat on LDL subclasses and apolipoprotein CIII in men. *European Journal of Clinical Nutrition* 66, 1229–33. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2012.118>
- Forsythe, C.E., Phinney, S.D., Fernandez, M.L., Quann, E.E., Wood, R., Bibus, D.M., Kraemer, W.J., Feinman, R.D., Volek, J.S., 2008. Comparison of low fat and low carbohydrate diets on circulating fatty acid composition and markers of inflammation. *Lipids* 43, 65–77. <https://doi.org/10.1007/s11745-007-3132-7>
- Gebauer, S.K., Chardigny, J.M., Jakobsen, M.U., Lamarche, B., Lock, A.L., Proctor, S.D., Baer, D.J., 2011. Effects of ruminant trans fatty acids on cardiovascular disease and cancer: A comprehensive review of epidemiological, clinical, and mechanistic studies. *Advances in Nutrition* 2, 332–354. <https://doi.org/10.3945/an.111.000521>
- Gerber, P.J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falucci, A., Tempio, G., 2013. Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.
- Grasgruber, P., Sebera, M., Hrazdira, E., Hrebickova, S., Cacek, J., 2016. Food consumption and the actual statistics of cardiovascular diseases: an epidemiological comparison of 42 European countries. *Food & Nutrition Research* 60. <https://doi.org/10.3402/fnr.v60.31694>
- Han, M.A., Zeraatkar, D., Guyatt, G.H., Vernooij, R. W.M., El Dib, R., Zhang, Y., Algarni, A., Leung, G., Storman, D., Valli, C., Rabassa, M., Rehman, N., Parvizian, M.K., Zworth, M., Bartoszko, J.J., Lopes, L.C., Sit, D., Bala, M.M., Alonso-Coello, P., Johnston, B.C., 2019. Reduction of red and processed meat intake and cancer mortality and incidence. *Annals of Internal Medicine* 171, 711–720. <https://doi.org/10.7326/M19-0699>
- Harcombe, Z., 2017. Dietary fat guidelines have no evidence base: where next for public health nutritional advice? *British Journal of Sports Medicine* 51, 769. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096734>
- Harcombe, Z., Baker, J.S., Cooper, S.M., Davies, B., Sculthorpe, N., DiNicolantonio, J.J., Grace, F., 2015. Evidence from randomised controlled trials did not support the introduction of dietary fat guidelines in 1977 and 1983: a systematic review and meta-analysis. *Open Heart* 2, 1–7. <https://doi.org/10.1136/openhrt-2014-000196>
- Harcombe, Z., Baker, J.S., Davies, B., 2013. Food for Thought: Have we been giving the wrong dietary advice?. *Food and Nutrition Sciences* 4(03), 240–244. <https://doi.org/10.4236/fns.2013.43032>
- Harcombe, Z., Baker, J.S., Davies, B., 2017a. Evidence from prospective cohort studies did not support the introduction of dietary fat guidelines in 1977 and 1983: a systematic review. *British Journal of Sports Medicine* 51, 1737. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096409>
- Harcombe, Z., Baker, J.S., Davies, B., 2017b. Evidence from prospective cohort studies does not support current dietary fat guidelines: a systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine* 51, 1743. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096550>
- Ioannidis, J.P.A., 2005. Why Most Published Research Findings Are False. *PLOS Medicine* 2, e124. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.0020124>
- Ioannidis, J.P.A., 2013. Implausible results in human nutrition research. *BMJ* 347, f6698. <https://doi.org/10.1136/bmj.f6698>
- Ioannidis, J.P.A., 2016. Why most clinical research is not useful. *PLOS Medicine* 13, e1002049. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1002049>
- Iqbal, R., Dehghan, M., Mente, A., Rangarajan, S., Wielgosz, A., Avezum, A., Seron, P., AlHabib, K.F., Lopez-Jaramillo, P., Swaminathan, S., Mohammadifard, N., Zatońska, K., Bo, H., Varma, R.P., Rahman, O., Yusufali, A., Lu, Y., Ismail, N., Rosengren, A., Imeryuz, N., Yeates, K., Chifamba, J., Dans, A., Kumar, R., Xiaoyun, L., Tsolekile, L., Khatib, R., Diaz, R., Teo, K., Yusuf, S., 2021. Associations of unprocessed and processed meat intake with mortality and cardiovascular disease in 21 countries [Prospective Urban Rural Epidemiology (PURE) Study]: a prospective cohort study. *The American Journal of Clinical Nutrition* 114(3), 1049–1058. <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqaa448>
- Jacome-Sosa, M., Vacca, C., Mangat, R., Diane, A., Nelson, R.C., Reaney, M. J., Shen, J., Curtis, J.M., Vine, D.F., Field, C.J., Igarashi, M., Piomelli, D., Banni, S., Proctor, S.D., 2016. Vaccenic acid suppresses intestinal inflammation by increasing anandamide and related N-acylethanolamines in the JCR:LA-cp rat. *Journal of Lipid Research* 57, 638–649. <https://doi.org/10.1194/jlr.M066308>
- Jaudszus, A., Jahreis, G., Schlörmann, W., Fischer, J., Kramer, R., Degen, C., Rohrer, C., Roth, A., Gabriel, H., Barz, D., Gruen, M., 2012. Vaccenic acid-mediated reduction in cytokine production is independent of c9,t11-CLA in human peripheral blood mononuclear cells. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Molecular and Cell Biology of Lipids* 1821, 1316–1322. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bbalip.2012.06.010>
- Jukema, J.W., Cannon, C.P., de Craen, A.J. M., Westendorp, R.G.J., Trompet, S., 2012. The controversies of statin therapy. *Journal of the American College of Cardiology* 60, 875–881. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2012.07.007>
- Keys, A., 1970. Coronary heart disease in seven countries. *Circulation* 41, 186–195.

- Koba, S., Hirano, T., Ito, Y., Tsunoda, F., Yokota, Y., Ban, Y., Iso, Y., Suzuki, H., Katagiri, T., 2006. Significance of small dense low-density lipoprotein-cholesterol concentrations in relation to the severity of coronary heart diseases. *Atherosclerosis* 189, 206–214. <https://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2005.12.002>
- Krauss, R.M., 2001. Dietary and genetic effects on low-density lipoprotein heterogeneity. *Annual Review of Nutrition* 21, 283–295. <https://doi.org/10.1146/annurev.nutr.21.1.283>
- Kristensen, M.L., Christensen, P.M., Hallas, J., 2015. The effect of statins on average survival in randomised trials, an analysis of end point postponement. *BMJ Open* 5, e007118. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2014-007118>
- Lamarche, B., Couture, P., 2014. It is time to revisit current dietary recommendations for saturated fat. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism* 39, 1409–1411. <https://doi.org/10.1139/apnm-2014-0141>
- Larpin, C., Wozniak, H., Genton, L., Serratrice, J., 2019. Vegetarian and vegan diets and their impact on health. *Revue Médicale Suisse* 15, 1849–1853.
- Leroy, F., Barnard, N.D., 2020. Children and adults should avoid consuming animal products to reduce risk for chronic disease: NO. *The American Journal of Clinical Nutrition* 112, 931–936. <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqaa236>
- Leroy, F., Cofnas, N., 2020. Should dietary guidelines recommend low red meat intake? *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 60, 2763–2772. <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1657063>
- Mach, F., Ray, K.K., Wiklund, O., Corsini, A., Catapano, A.L., Bruckert, E., De Backer, G., Hegele, R.A., Hovingh, G.K., Jacobson, T.A., Krauss, R.M., Laufs, U., Leiter, L.A., März, W., Nordestgaard, B.G., Raal, F.J., Roden, M., Santos, R.D., Stein, E.A., Stroes, E.S., Thompson, P.D., Tokgözoğlu, L., Vladutiu, G.D., Gencer, B., Stock, J.K., Ginsberg, H.N., Chapman, M.J., 2018. Adverse effects of statin therapy: perception vs. the evidence – focus on glucose homeostasis, cognitive, renal and hepatic function, haemorrhagic stroke and cataract. *European Heart Journal* 39, 2526–2539. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehy182>
- Magkos, F., Tetens, I., Bügel, S.G., Felby, C., Schacht, S.R., Hill, J.O., Ravussin, E., Astrup, A., 2020. The environmental footprint of obesity. *Obesity* 28, 73–79. <https://doi.org/10.1002/oby.22657>
- Maihofer, A.X., Shadyab, A.H., Wild, R.A., LaCroix, A.Z., 2020. Associations between serum levels of cholesterol and survival to age 90 in postmenopausal women. *Journal of the American Geriatrics Society* 68, 288–296. <https://doi.org/10.1111/jgs.16306>
- Malhotra, A., 2013. Saturated fat is not the major issue. *BMJ* 347, f6340. <https://doi.org/10.1136/bmj.f6340>
- Malhotra, A., Redberg, R.F., Meier, P., 2017. Saturated fat does not clog the arteries: coronary heart disease is a chronic inflammatory condition, the risk of which can be effectively reduced from healthy lifestyle interventions. *British Journal of Sports Medicine* 51, 1111. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-097285>
- Margozzini, P., Passi, A., 2018. Encuesta Nacional de Salud, ENS 2016-2017: un aporte a la planificación sanitaria y políticas públicas en Chile. *ARS MEDICA Revista de Ciencias Médicas* 43, 30–34. <http://dx.doi.org/10.11565/arsmed.v43i1.1354>
- Martínez Steele, E., Popkin, B.M., Swinburn, B., Monteiro, C.A., 2017. The share of ultra-processed foods and the overall nutritional quality of diets in the US: evidence from a nationally representative cross-sectional study. *Population Health Metrics* 15, 6. <https://doi.org/10.1186/s12963-017-0119-3>
- McAfee, A.J., McSorley, E.M., Cuskelly, G.J., Moss, B.W., Wallace, J.M.W., Bonham, M.P., Fearon, A.M., 2010. Red meat consumption: An overview of the risks and benefits. *Meat Science* 84, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.08.029>
- Mente, A., Dehghan, M., Rangarajan, S., McQueen, M., Dagana, G., Wielgosz, A., Lear, S., Li, W., Chen, H., Yi, S., Wang, Y., Diaz, R., Avezum, A., Lopez-Jaramillo, P., Selvaraj, P., Kumar, R., Gupta, R., Mohan, V., Swaminathan, S., Kuttly, R., Zatońska, K., Iqbal, R., Yusuf, R., Mohammadifard, N., Khatib, R., Nasir, N.M., Ismail, N., Oguz, A., Rosengren, A., Yusufali, A., Wentzel-Viljoen, E., Puoane, T., Chifamba, J., Teo, K., Anand, S.S., Yusuf, S., 2017. Association of dietary nutrients with blood lipids and blood pressure in 18 countries: a cross-sectional analysis from the PURE study. *The Lancet Diabetes & Endocrinology* 5, 774–787. [https://doi.org/10.1016/s2213-8587\(17\)30283-8](https://doi.org/10.1016/s2213-8587(17)30283-8)
- Meyer, K.A., Shea, J.W., 2017. Dietary choline and betaine and risk of CVD: A systematic review and meta-analysis of prospective studies. *Nutrients* 9. <https://doi.org/10.3390/nu9070711>
- Moughan, P.J., 2021. Population protein intakes and food sustainability indices: The metrics matter. *Global Food Security* 29, 100548. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2021.100548>
- Nettleton, J.A., Lovegrove, J.A., Mensink, R.P., Schwab, U., 2016. Dietary fatty acids: Is it time to change the recommendations? *Annals of Nutrition and Metabolism* 68, 249–257. <https://doi.org/10.1159/000446865>
- Ng, M., Fleming, T., Robinson, M., Thomson, B., Graetz, N., Margono, C., Mullany, E. C., Biryukov, S., Abbafati, C., Abera, S.F., Abraham, J.P., 2014. Global, regional, and national prevalence of overweight and obesity in children and adults during 1980–2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *The Lancet* 384, 766–781. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(14\)60460-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(14)60460-8)
- Ng, S.W., Slining, M.M., Popkin, B.M., 2012. Use of Caloric and Noncaloric Sweeteners in US Consumer Packaged Foods, 2005-2009. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics* 112(11), 1828–1834. <https://doi.org/10.1016/j.jand.2012.07.009>
- Nguyen, Q.V., Malau-Aduli, B.S., Cavalieri, J., Nichols, P.D., Malau-Aduli, A.E., 2019. Enhancing omega-3 long-chain polyunsaturated fatty acid content of dairy-derived foods for human consumption. *Nutrients* 11. <https://doi.org/10.3390/nu11040743>
- Parks, E.J., Hellerstein, M.K., 2000. Carbohydrate-induced hypertriglycerolemia: historical perspective and review of biological mechanisms. *The American Journal of Clinical Nutrition* 71, 412–433. <https://doi.org/10.1093/ajcn/71.2.412>
- Ramos, R., Comas-Cufí, M., Martí-Lluch, R., Balló, E., Ponjoan, A., Alves-Cabrata, L., Blanch, J., Marrugat, J., Elosua, R.,

- Grau, M., Elosua-Bayes, M., García-Ortiz, L., Garcia-Gil, M., 2018. Statins for primary prevention of cardiovascular events and mortality in old and very old adults with and without type 2 diabetes: retrospective cohort study. *BMJ* 362, k3359. <https://doi.org/10.1136/bmj.k3359>
- Ravnskov, U., de Lorgeril, M., Kendrick, M., Diamond, D.M., 2021. Serious flaws in targeting LDL-C reduction in the management of cardiovascular disease in familial hypercholesterolemia. *Expert Review of Clinical Pharmacology* 14, 405–406. <https://doi.org/10.1080/17512433.2021.1889368>
- Ravnskov, U., DiNicolantonio, J.J., Harcombe, Z., Kummerow, F.A., Okuyama, H., Worm, N., 2014. The questionable benefits of exchanging saturated fat with polyunsaturated fat. *Mayo Clinic Proceedings* 89, 451–453. <https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2013.11.006>
- Rizzo, M., Berneis, K., 2006. Low-density lipoprotein size and cardiovascular risk assessment. *QJM: An International Journal of Medicine* 99, 1–14. <https://doi.org/10.1093/qjmed/hci154>
- Rocha, J.P., Laster, J., Parag, B., Shah, N.U., 2019. Multiple health benefits and minimal risks associated with vegetarian diets. *Current Nutrition Reports* 8. <https://doi.org/10.1007/s13668-019-00298-w>
- Ruscica, M., Ferri, N., Banach, M., Sirtori, C.R., Corsini, A., 2022. Side effects of statins—from pathophysiology and epidemiology to diagnostic and therapeutic implications. *Cardiovascular Research*. <https://doi.org/10.1093/cvr/cvac020>
- Sá, A.G.A., Moreno, Y.M.F., Carciofi, B.A.M., 2020. Plant proteins as high-quality nutritional source for human diet. *Trends in Food Science & Technology* 97, 170–184. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.01.011>
- Saeed, A., Swanson, J., Saeed Gul, J., Kip, K., Reis, S., 2020. Abstract 13422: Long term association of low density lipoprotein patterns with coronary artery calcium and atherosclerotic cardiovascular disease events: Insights from HeartSCORE study. *Circulation* 142, A13422–A13422. https://doi.org/10.1161/circ.142.suppl_3.13422
- Siri, P.W., Krauss, R.M., 2005. Influence of dietary carbohydrate and fat on LDL and HDL particle distributions. *Current Atherosclerosis Reports* 7, 455–459. <https://doi.org/10.1007/s11883-005-0062-9>
- Siri-Tarino, P. W., Sun, Q., Hu, F.B., Krauss, R.M., 2010. Saturated fat, carbohydrate, and cardiovascular disease. *The American Journal of Clinical Nutrition* 91, 502–509. <https://doi.org/10.3945/ajcn.2008.26285>
- Slattery, M.L., Jacobs, D.R., Jr, Hilner, J.E., Caan, B.J., Van Horn, L., Bragg, C., Manolio, T.A., Kushi, L.H., Liu, K.A., 1991. Meat consumption and its associations with other diet and health factors in young adults: the CARDIA study. *The American Journal of Clinical Nutrition* 54, 930–935. <https://doi.org/10.1093/ajcn/54.5.930>
- Steinfeld, H., Gerber, P.J., Wassenaar, T., Vastel, V., Rosales, M., de Haan, C., 2006. Livestock's long shadow. Environmental issues and options. Food and Agriculture Organization of The United States, Rome.
- Teicholz, N., 2015. The scientific report guiding the US dietary guidelines: is it scientific? *BMJ* 351, h4962. <https://doi.org/10.1136/bmj.h4962>
- Thompson, L.R., Rowntree, J.E., 2020. Invited Review: Methane sources, quantification, and mitigation in grazing beef systems. *Applied Animal Science* 36, 556–573. <https://doi.org/10.15232/aas.2019-01951>
- Vaccarino, V., Bremner, J.D., Kelley, M.E., 2009. JUPITER: a few words of caution. *Circulation. Cardiovascular quality and outcomes* 2, 286–288. <https://doi.org/10.1161/CIRCOUTCOMES.109.850404>
- van Bruggen, F.H., Luijendijk, H.J., 2022. Evolocumab's long-term mortality risk unclear due to shortened follow-up of FOURIER. *American Journal of Cardiovascular Drugs* 22, 5–8. <https://doi.org/10.1007/s40256-021-00480-y>
- van Vliet, S., Bain, J.R., Muehlbauer, M.J., Provenza, F.D., Kronberg, S.L., Pieper, C.F., Huffman, K.M., 2021a. A metabolomics comparison of plant-based meat and grass-fed meat indicates large nutritional differences despite comparable Nutrition Facts panels. *Scientific Reports* 11, 13828. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-93100-3>
- van Vliet, S., Kronberg, S.L., Provenza, F.D., 2020. Plant-based meats, human health, and climate change. *Frontiers in Sustainable Food Systems* 4. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.00128>
- van Vliet, S., Provenza, F.D., Kronberg, S.L., 2021b. Health-promoting phytonutrients are higher in grass-fed meat and milk. *Frontiers in Sustainable Food Systems* 4. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.555426>
- Volek, J.S., Phinney, S.D., Forsythe, C.E., Quann, E.E., Wood, R.J., Puglisi, M.J., Kraemer, W.J., Bibus, D.M., Fernandez, M.L., Feinman, R.D., 2009. Carbohydrate restriction has a more favorable impact on the metabolic syndrome than a low fat diet. *Lipids* 44, 297–309. <https://doi.org/10.1007/s11745-008-3274-2>
- Wortmann, S.B., Mayr, J.A., 2019. Choline-related-inherited metabolic diseases-A mini review. *Journal of Inherited Metabolic Disease* 42(2), 237–242.
- Wu, G., 2020. Important roles of dietary taurine, creatine, carnosine, anserine and 4-hydroxyproline in human nutrition and health. *Amino Acids* 52, 329–360. <https://doi.org/10.1007/s00726-020-02823-6>
- Zeisel, S., 2017. Choline, other methyl-donors and epigenetics. *Nutrients* 9. <https://doi.org/10.3390/nu9050445>
- Zeisel, S.H., da Costa, K.A., 2009. Choline: an essential nutrient for public health. *Nutrition Reviews* 67, 615–623. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2009.00246.x>
- Zeisel, S.H., Mar, M.H., Howe, J.C., Holden, J.M., 2003. Concentrations of choline-containing compounds and betaine in common foods. *The Journal of Nutrition* 133, 1302–1307. <https://doi.org/10.1093/jn/133.5.1302>
- Zeraatkar, D., Han, M.A., Guyatt, G.H., Vernooij, R.W.M., El Dib, R., Cheung, K., Milio, K., Zworth, M., Bartoszko, J.J., Valli, C., Rabassa, M., Lee, Y., Zajac, J., Prokop-Dorner, A., Lo, C., Bala, M.M., Alonso-Coello, P., Hanna, S.E., Johnston, B.C., 2019. Red and processed meat consumption and risk for all-cause mortality and cardiometabolic outcomes. *Annals of Internal Medicine* 171, 703–710. <https://doi.org/10.7326/M19-0655>
- Zhu, Y., Bo, Y., Liu, Y., 2019. Dietary total fat, fatty acids intake, and risk of cardiovascular disease: a dose-response meta-analysis of cohort studies. *Lipids in health and disease* 18, 91. <https://doi.org/10.1186/s12944-019-1035-2>