



Facultad de Veterinaria
Universidad Zaragoza



Trabajo Fin de Grado en Veterinaria

Carne y productos cárnicos: ¿carcinógenos como el plutonio?

Meat and Meat Products: Carcinogens as Plutonium?

Autor/es

Ángela Gracia Ayerbe

Director/es

Pascual Luis López Buesa

Facultad de Veterinaria

2023/2024

Índice

1. Resumen / Abstract.....	1
2. Introducción.....	2
2.1. Definición.....	2
2.2. Consumo a lo largo de la historia.....	3
2.3. Consumo en España.....	5
3. Justificación y objetivos.....	6
4. Metodología.....	6
5. Resultados y discusión.....	8
5.1. Importancia nutricional.....	8
5.2. Tratamientos empleados en la industria cárnica.....	11
5.2.1. Ahumado.....	12
5.2.2. Adición de sal.....	13
5.2.3. Nitritos.....	13
5.2.4. Tratamiento térmico.....	14
5.2.5. Bacon: un caso singular.....	14
5.3. Riesgos para la salud.....	15
5.3.1. Cáncer colorrectal.....	16
5.3.2. Diabetes tipo II.....	20
5.3.3. Trastornos cardiovasculares.....	24
5.4. Cuestionando la clasificación de la IARC y la consecuente tendencia hacia las dietas vegetarianas.....	28
6. Conclusiones / Conclusions.....	32
7. Valoración personal.....	33
8. Bibliografía	

1. Resumen / Abstract

Resumen

La relación entre el consumo de carne y el desarrollo de diversas enfermedades ha generado un creciente interés en el ámbito científico y la salud pública en las últimas décadas, especialmente tras la publicación de un artículo en el que se incluía dentro del mismo grupo de carcinógenos que el plutonio (Bouvard *et al.*, 2015). La carne, elemento fundamental en muchas culturas alimentarias, ha sido objeto de numerosos estudios que sugieren una conexión entre ciertas variedades cárnicas y el desarrollo de distintas patologías, especialmente el cáncer colorrectal, la diabetes tipo II y problemas cardiovasculares. Este trabajo se sumerge en el amplio abanico de investigaciones científicas existentes, datos epidemiológicos y hallazgos relevantes que exploran esta compleja relación.

Se revisarán los antecedentes históricos del consumo de carne, los avances científicos que han delineado la asociación mencionada, los posibles mecanismos subyacentes a la carcinogenicidad de la carne y las recomendaciones actuales de salud pública. Asimismo, se abordarán las alternativas dietéticas y consideraciones éticas en torno a esta problemática, con el fin de informar y promover una reflexión fundamentada en la toma de decisiones relacionadas con la alimentación y la salud.

Abstract

The relationship between meat consumption and the development of various diseases has aroused growing scientific and public health interest in recent decades especially after the publication of an article that included meat in the same group of carcinogens as plutonium (Bouvard *et al.*, 2015). Meat, a fundamental element in many food cultures, has been the subject of numerous studies suggesting a connection between certain meat varieties and the development of different pathologies, particularly colorectal cancer, type II diabetes, and cardiovascular problems. This paper delves into the wide range of existing scientific research, epidemiological data, and relevant findings that explore this complex relationship.

The historical background of meat consumption, the scientific advances that have outlined the association, the potential processes underlying the carcinogenicity of meat, and current public health recommendations will be reviewed. Additionally, the paper will address dietary alternatives and ethical considerations surrounding this issue to inform and promote thoughtful reflection in decision-making related to food and health.

2. Introducción

2.1. Definiciones

Según el Código Alimentario Español (CAE), se entiende por **carne** la parte comestible de los músculos de los bóvidos, óvidos, suidos, cápridos, équidos y camélidos, sanos, sacrificados en condiciones higiénicas.

Tras el sacrificio del animal, la porción muscular (constituida mayormente por fibras musculares, colágeno y grasa) sufre una serie de cambios que conducen a la transformación del músculo en carne. Estos cambios tienen una secuencia en el tiempo, iniciándose primeramente un periodo de agotamiento de las reservas energéticas que va seguido de otro periodo denominado **rigor mortis**, que se caracteriza por una contracción muscular mantenida. Esta fase comienza, dependiendo de la especie, entre las 6 y 24 horas después del sacrificio de los animales y tiene una duración también variable. En la producción de carne interesa que la desaparición natural (resolución) de la fase de rigor mortis sea lo más temprana posible, dando paso a la siguiente etapa, denominada **maduración**. En esta fase se desarrollan sus particulares características organolépticas y ocurren determinados procesos físico-químicos que hacen que la estructura muscular contraída se relaje y adquiera la textura propia de la carne. Además, se constituyen los elementos moleculares básicos que determinan los aromas y sabores específicos, a la vez que se mejora la capacidad de las proteínas musculares para retener agua. Todo este proceso tiene una duración que varía en función de la especie animal, de la edad, del individuo, del sexo, de las medidas adoptadas durante el sacrificio de los animales y de los métodos de conservación de las canales durante la refrigeración (Horcada y Polvillo, 2010).

Por otro lado, los **derivados cárnicos** son productos alimenticios elaborados total o parcialmente con carnes o despojos de las especies autorizadas en el CAE. La combinación de estos ingredientes, mediante técnicas como la salazón, la deshidratación, la cocción o su combinación, da lugar a la aparición de nuevos productos que se clasifican en: salazones, ahumados y adobados; tocinos; embutidos, charcutería y fiambres; extractos y caldos de carne; y tripas. Se entiende por **carne procesada** cualquier tipo de carne que ha sido transformada con salazón, curado, fermentación, ahumado u otros procesos para mejorar el sabor y preservar el alimento (Farré-Rovira y Frasquet-Pons, 2001). No debemos olvidar que en la actualidad existen multitud de derivados y procesados cárnicos en cuya matriz, además de los compuestos e ingredientes habituales (carne, grasa, sal, estabilizantes), de uso obligado para conseguir un producto agradable, palatable, seguro y nutritivo, se incorporan compuestos e ingredientes que buscan

dar al producto final un valor añadido, en la línea de lo que entendemos que debe aportar un alimento para ser funcional (Olmedilla *et al.*, 2013).

Por último, los **productos cárnicos** son alimentos derivados de la carne que han sido sometidos a procesos de transformación, preparación culinaria o conservación. Estos productos pueden incluir embutidos, fiambres, enlatados, ahumados, curados y otros alimentos que incorporan carne como ingrediente principal. La diversidad de estos productos se logra mediante la aplicación de técnicas específicas, como el curado, el secado, la fermentación o la adición de condimentos, para mejorar la palatabilidad y prolongar la vida útil de los productos.

2.2. El consumo de carne a lo largo de la historia

El consumo de carne y productos cárnicos ha sido una constante en la historia de la humanidad, evolucionando a lo largo del tiempo en función de diversos factores, incluidos los económicos, culturales y de salud. Aunque en algunos grupos sociales su consumo está limitado por creencias religiosas o cuestiones éticas, en general la carne es un alimento de prestigio, apreciado y asociado a una buena salud y prosperidad (Celada y Sánchez, 2016). Desde los primeros homínidos, la carne ha constituido una parte crucial de la dieta humana, proporcionando una fuente concentrada de nutrientes esenciales difíciles de obtener únicamente de fuentes vegetales, como proteínas de alto valor biológico, vitaminas del complejo B (en especial la B12), hierro hemínico, zinc y selenio (Yepes, T.A., 2019), lo cual explica que en la población de algunos países en vías de desarrollo, donde su ingesta es menor, se observen carencias nutricionales (Celada y Sánchez, 2016). El desarrollo de un país está relacionado con su esperanza de vida y

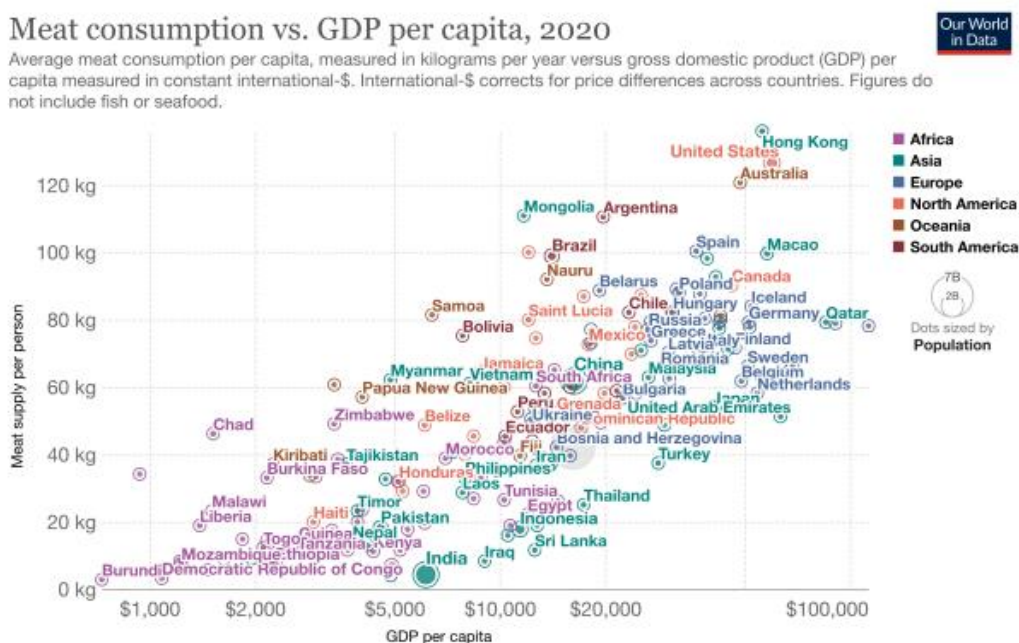


Figura 1. Consumo de carne per cápita en diversos países de rentas muy dispares (FAO, 2020).

su consumo de carne; y, aunque la ingesta excesiva puede estar asociada con riesgos para la salud, una dieta balanceada que incluye carne contribuye a una buena nutrición, esencial para una vida larga y saludable. Estudios de la OMS y la FAO respaldan esta correlación (véase la Figura 1).

No obstante, en las últimas décadas, la relación entre el consumo de carne, especialmente carne roja y procesada, y diversas enfermedades ha sido objeto de intensos debates y estudios. En 2015, la Organización Mundial de la Salud (OMS), en un trabajo muy controvertido (Bouvard *et al.*, 2015) (véase la discusión), clasificó las carnes procesadas en el mismo grupo de carcinógenos para los seres humanos que el plutonio basándose en ciertas asociaciones, sobre todo con el cáncer colorrectal, y encontrando también una relación con el cáncer de estómago, aunque para esta última las pruebas no eran concluyentes. La carne roja, por otra parte, fue clasificada como “probablemente carcinógena” para los humanos, dado que la relación entre su consumo y el desarrollo de cáncer es limitada y no se puede descartar que la enfermedad se deba, puede que además de este, a la intervención de otros factores, pudiéndose crear cierta confusión (Yepes, T.A., 2019).

A pesar de lo indicado en el párrafo anterior, la carne y los productos cárnicos desempeñan un papel significativo en la alimentación de gran parte de la población a nivel global. Su ingesta ha experimentado un crecimiento constante mundialmente desde la década de 1960, llegando a representar hasta el 58% de las proteínas consumidas y el 30% de las calorías totales (Halagarda y Wójciak, 2022). Dentro de la categoría de productos cárnicos tradicionales, las salchichas y los jamones destacan como las opciones predominantes. Actualmente, el mercado ofrece una amplia variedad de jamones y embutidos, cuyas características resultan de la implementación de diversas recetas, materias primas y condiciones de procesamiento. Es importante destacar que en distintas regiones del mundo se emplean métodos de procesamiento específicos, determinados por las condiciones climáticas y las materias primas propias de cada territorio. Por ejemplo, en el sur de Europa son característicos los productos tradicionales curados en seco, mientras que en el noreste de Europa los productos cárnicos típicos son ahumados en su mayoría y sometidos a procesamiento térmico (cocidos/horneados). En consecuencia, no solo se observa una variedad en las características organolépticas, sino que también se aprecian diferencias significativas en el valor nutricional, los posibles riesgos para la seguridad y los métodos tecnológicos utilizados para aumentar la vida útil de la carne y sus derivados. (Halagarda y Wójciak, 2022).

2.3. Consumo en España

El consumo de carne y sus derivados es muy elevado en todo el mundo, pero particularmente en España. Durante el año 2022, los hogares españoles consumieron 1807,0 millones de kilos de carne y productos cárnicos. En términos per cápita se llegaron a ingerir 39,1 kg, siendo más notable el consumo de carne fresca y, de manera concreta, la de pollo (10,5 kg/persona) y cerdo (8,6 kg/persona). Por otro lado, la carne procesada (10,5 kg/persona) resultó importante en el consumo de los hogares durante ese año, mientras que la demanda de carne congelada (0,9 kg/persona) tuvo una repercusión menor (Informe Mercasa, 2023).

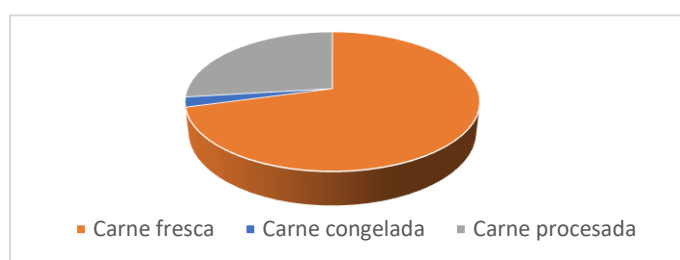


Figura 2. Consumo de carne en España en 2022 (kg/año/persona). Se debería sumar un 10% por el consumo fuera de casa. Fuente: Informe Mercasa, 2023.

Es de resaltar que, a pesar de las posibles diferencias existentes entre comunidades atribuibles a hábitos alimentarios, las cantidades y proporciones de los diferentes tipos de corte no son muy dispares. Castilla y León, Navarra y País Vasco muestran los mayores consumos, mientras que, por el contrario, la demanda más reducida se asocia a Cantabria, Andalucía y Canarias (26.^a Edición Informe Mercasa, 2023).

Tampoco el consumo ha sido constante en nuestro país, ya que las diferentes crisis alimentarias (vacas locas, gripe aviar, etc.) han modificado de forma evidente, aunque solo por cortos períodos de tiempo, el consumo de carne. Durante los últimos cinco años el consumo de carne se estaba reduciendo, pero en el año 2020 se produce un repunte motivado por los efectos del COVID-19 (creció hasta 49,9 kg/persona), que se ha ajustado a la baja en el año 2021 y en el año

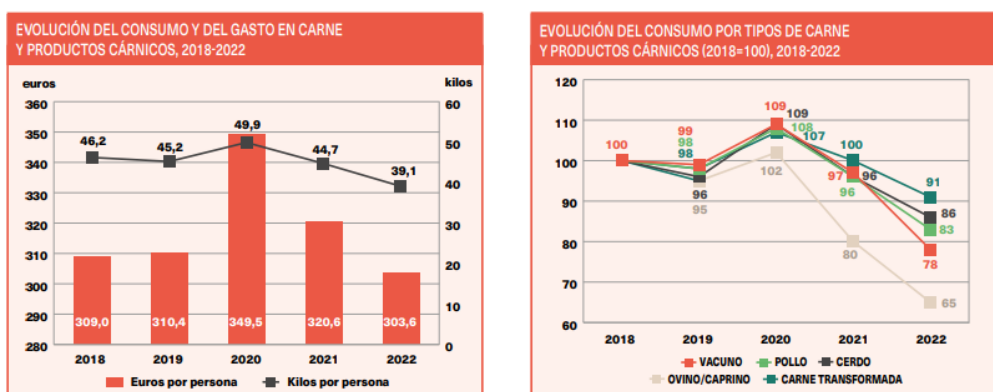


Figura 3. Evolución del consumo de carne en España. Fuente: 26.^a Edición Informe Mercasa,

2022 (44,7 kg/persona y 39,1 kilos por persona, respectivamente). A pesar de esto, todos los productos del estudio tienen un consumo más reducido respecto a la demanda de 2018 (26.^a Edición del Informe Mercasa, 2023).

3. Justificación y objetivos

Como se ha señalado en párrafos anteriores, la importante presencia de la carne en nuestra vida y la controversia surgida en torno a sus efectos positivos y negativos hacen necesario poder disponer de información actualizada y contrastada sobre el tema. Por ello, se ha establecido como principal objetivo de este trabajo estudiar y analizar los datos más recientes sobre la carne y su relación con diferentes afecciones, como el cáncer colorrectal, la diabetes tipo II y problemas cardiovasculares. De esta manera, se espera conseguir un mejor conocimiento de su valor nutricional y su posible riesgo para la salud, comprendiendo que es necesario incluir el consumo de carne para mantener una dieta saludable y, por ende, demostrar que, aunque la OMS clasifique la carne procesada en la misma categoría de riesgo carcinogénico que el plutonio, no tienen, de ningún modo, el mismo peligro, algo que cualquier ciudadano puede apreciar aun careciendo de una mínima formación científica.

Además, este estudio defiende la realidad de que la carne aporta muchos nutrientes esenciales que son difíciles de obtener a través de fuentes vegetales y clarifica malentendidos comunes sobre su consumo y sus riesgos para la salud.

4. Metodología

Este es un trabajo de revisión bibliográfica, en el que se han seguido las pautas recogidas en el curso online “Guía de herramientas y pautas para un buen TFG: Veterinaria 2022-2023”, impartido por la Biblioteca de la Facultad de Veterinaria de la Universidad de Zaragoza. Su origen inmediato es la controversia generada por el trabajo de Lancet Oncology en 2015 y el informe de la IARC (International Agency for Research on Cancer) calificando a la carne en el mismo grupo de carcinógenos que el plutonio.

La información ha sido consultada en los estudios de investigación referenciados en la bibliografía y en las siguientes cuatro bases de datos bibliográficas web:

Alcorze: Es una herramienta de búsqueda que permite el acceso a los recursos de información que se encuentran disponibles en la colección de la Biblioteca de la Universidad de Zaragoza, tanto de fuentes internas (catálogo de la biblioteca, repositorio institucional Zaguán) como de externas (bases de datos).

PubMed: Es un recurso gratuito que contiene más de 33 millones de citas y resúmenes de literatura de investigación en ciencias biomédicas y biológicas. Permite consultar los contenidos de MEDLINE, una base de datos de bibliografía médica muy amplia producida por la Biblioteca Nacional de Medicina de los Estados Unidos. Las páginas de temas de salud en inglés de MEDLINE tienen enlaces a búsquedas de PubMed sobre temas específicos. Estas búsquedas, creadas por bibliotecarios biomédicos, ayudan a encontrar referencias y resúmenes de artículos de literatura biomédica profesional.

ScienceDirect: Es un portal sobre ciencia y tecnología de la empresa Elsevier. Permite la búsqueda y recuperación de artículos de revistas y libros de la propia editorial (más de 2600 revistas y 42000 Ebooks actualmente). Su contenido es multidisciplinar: física e ingeniería, ciencias de la salud y ciencias sociales y humanidades.

SCOPUS: Es una base de datos de referencias bibliográficas y citas perteneciente a la empresa Elsevier. Incluye un elevado número de citas y resúmenes de los campos de la ciencia, la tecnología, la medicina, las ciencias sociales y las artes y humanidades, correspondientes a muy diferentes editoriales.

Estrategia de búsqueda

El proceso se inició con una búsqueda general de información sobre el tema en páginas web y estudios de investigación. El objetivo consistía en la obtención de las ideas más básicas que permitieran la elaboración de un primer índice para delimitar el contenido del Trabajo de Fin de Grado.

Tras esta búsqueda general se pasó al uso de gestores bibliográficos como los mencionados anteriormente para conocer la cantidad de artículos disponibles. Partiendo de la declaración de la OMS en la que se clasificó a la carne como carcinógena, su influencia en la salud es una cuestión que ha despertado gran interés en la investigación en los últimos años, por lo que se obtuvo un gran volumen de resultados. Para limitar su número e iniciar la búsqueda sistemática, lo primero fue definir las palabras y términos clave, utilizados por separado o conjuntamente para realizar la búsqueda, que fueron: “meat and meat products”, “cancer”, “review”, “diabetes type II”, “cardiovascular disease”, “nutritional composition”, “vegetarian diets”, “meat treatments”, “fat”, “vegetables”, “smoked”, “bacon”, “epidemiological studies”, “cohort studies”, “case-control studies”, “red meat”, “disease risk”, “health outcomes”, “diet” “adjustment variables”, “ethics”, “fat acids”, entre otros.

Definidas las palabras clave, se empleó la opción de búsqueda avanzada que permite relacionar términos con el uso de conectores booleanos (“and”, “or”, “not”), restringir los resultados por

fecha de publicación, en este caso a los últimos 15 años (con excepciones), e indicar en qué campo (título, resumen, autor...) deben aparecer. No se utilizaron las mismas opciones de búsqueda en todas las bases de datos, sino que se fueron adaptando para obtener los artículos de mayor calidad académica (refiriéndose a la validez, rigor y relevancia de estos).

Criterios de inclusión y exclusión

Una vez recuperada la información se aplicaron los criterios de inclusión y exclusión, que se basaron principalmente en la lectura del título de los artículos y de su resumen para determinar si la información se ajustaba al objetivo del trabajo. Se excluyeron aquellos que no guardaban relación con el tema y los documentos que aparecían por duplicado en diferentes bases de datos. Otro criterio de inclusión importante fue el periodo de fecha de publicación, seleccionando, con alguna excepción, aquellos publicados en últimos 15 años.

Como limitación de esta fase ha de señalarse la posible existencia de sesgos en la selección de estudios debido a la amplia disponibilidad de publicaciones y la posible exclusión de estudios relevantes no publicados en las bases de datos consultadas.

5. Resultados y discusión

5.1. Importancia nutricional

La carne ha desempeñado un papel crucial en la evolución humana y es un componente fundamental para que una dieta sea sana y equilibrada debido a su riqueza nutricional. Sus componentes mayoritarios, variables según la especie de origen, son agua, proteína y grasa. Las proporciones de estos componentes varían, asimismo, en función de la especie, edad, sexo, alimentación, zona anatómica analizada, corte y método de procesamiento.

	Beef ^a	Sheep ^b	Pork ^b	Chicken ^c	Turkey ^c	Liver ^d	
						Beef	Sheep
Water (g)	71.9	70.6	74.0	75.1	75.3	70.4	70.8
Protein (g)	22.5	20.2	21.8	22.3	22.6	20.5	20.7
Fat (g)	4.3	8.0	4.0	2.1	1.6	4.1	4.9
Energy (kJ)	542	639	519	457	443	494	529
Cholesterol (mg)	58	74	63	90	70	254	386

^aAverages of 10 different cuts.
^bAverages of 8 different cuts.
^cCombination of white and dark meat.
^dAverages of 9 beef and 10 sheep (lamb) livers.

Figura 4. Tabla comparativa de la composición nutricional de la carne de diferentes especies (Lawrie's Meat Science, 8th Ed., 2018).

Aproximadamente el 40% de los aminoácidos que componen las **proteínas** de la carne son esenciales, lo que hace que este producto sea considerado como un alimento de elevado valor biológico (Horcada y Polvillo, 2010).

La cantidad de **grasa** presente en la carne puede ser muy variable. Las carnes magras, representadas fundamentalmente por las de las aves y por determinadas razas seleccionadas de cerdos (especialmente la Piètrain), presentan muy poca grasa de infiltración (<2,5%) respecto a carnes más grasas, como por ejemplo la del cerdo ibérico (5-15%). La composición de la grasa también es variable dependiendo de la especie animal, pero en líneas generales el contenido de **ácidos grasos saturados e insaturados** está repartido equitativamente al 50%. El ácido graso mayoritario es insaturado, el ácido oleico (C18:1), reconocido por sus efectos beneficiosos sobre la salud humana. Por otro lado, contiene los ácidos grasos saturados, relacionados con el desarrollo de enfermedades cardiovasculares si su consumo es excesivo. Entre ellos se encuentran el ácido palmítico (C16:0), el esteárico (C18:0) y el mirístico (C14:0) (Horcada y Polvillo, 2010). En el caso del C18:0, a pesar de tratarse de un ácido graso saturado, no parece tener incidencia sobre las enfermedades cardiovasculares como el resto (Bonanone y Grundy, 1988).

Meat Cut	Energy (kcal)	Fat (g)	SFA (g)	MUFA (g)	PUFA (g)	LA (g)
Beef, loin	174.5	10.3	3.9	4.6	0.4	0.3
Chicken, no skin	110	2	0.5	0.7	0.4	0.4
Chicken, skin	201	13.6	13.6	3.2	4.5	2.8
Pork loin	131	4.7	1.6	1.6	0.8	0.7
Pork ribs	190	12.4	4.2	4.1	2.1	1.7
Pork chops	288	23.8	8.2	7.9	3.9	3.4
Pork leg	189	12.3	6.3	6.2	2.6	0.1

Figura 5. Tabla comparativa de la composición en energía, grasa y ácidos grasos. (SFA: saturados, MUFA: monoinsaturados, PUFA: poliinsaturados, LA: ácido linoleico) (Vicente y Pereira, 2024).

La composición de la grasa es modulable mediante la alimentación, especialmente en monogástricos, como cerdos y aves. Estos animales son más fácilmente influenciados por la dieta debido a su sistema digestivo, que no incluye un rumen como en los rumiantes, donde la fermentación microbiana puede modificar significativamente los nutrientes ingeridos antes de su absorción. La inclusión de aceites ricos en ácidos grasos poliinsaturados, como el aceite de pescado o el aceite de linaza, en la dieta de los monogástricos puede aumentar

significativamente el contenido de estos en los tejidos musculares. Los ácidos grasos poliinsaturados son conocidos por sus beneficios para la salud humana, incluyendo la reducción del riesgo de enfermedades cardiovasculares. Por ejemplo, el grupo de investigación liderado por el director de este TFG Pascual López Buesa (López *et al.*, 2010) ha demostrado que con la suplementación con aceites ricos en estos ácidos grasos poliinsaturados y vitamina E en la dieta de cerdos durante las seis últimas semanas del periodo de engorde se obtiene una carne que se adecúa a las más estrictas recomendaciones nutricionales, algo que no implica que la carne sin estos suplementos sea insana. La grasa “ideal” es aquella que suministra los nutrientes lipídicos esenciales en las concentraciones adecuadas para no favorecer la aparición de patologías.

Por otro lado, recientemente se ha descubierto que la carne de los rumiantes constituye una importante fuente de ácidos grasos derivados del ácido linoleico conjugado (CLA), considerados altamente beneficiosos para la salud humana (Pariza *et al.*, 2001). Los CLA son una mezcla de isómeros posicionales y geométricos del ácido linoleico (cis-9, cis-12 ácido octadecadienoico) que se sintetizan fundamentalmente en los procesos de biohidrogenación que tienen lugar en el rumen de los rumiantes. Diversos experimentos han comprobado, como efecto beneficioso de los CLA, que su ingesta contribuye al descenso de la incidencia de enfermedades cardíacas, aterosclerosis, cáncer y diabetes (Horcada y Polvillo, 2010).

Puede destacarse, como curiosidad, que en 2023 se publicó un estudio impulsado por científicos de la Universidad de Chicago que analizaba cómo el ácido transvaccénico (TVA) mejora la respuesta del organismo frente al cáncer y que, aunque no es sintetizado por el cuerpo humano, se puede encontrar en la carne de vaca. En la investigación, realizada con ratones alimentados

	Beef		Sheep		Pork		Chicken	
	%	mg	%	mg	%	mg	%	mg
12:0	0.08	2.92	0.31	13.8	0.12	2.61	ND	ND
14:0	2.66	103	3.30	155	1.33	30.0	0.37	6.5
16:0	25.0	962	22.2	1101	23.2	526	17.4	306
16:1 cis	4.54	175	2.20	109	2.71	62.0	2.68	47.1
18:0	13.4	507	18.1	898	12.2	278	5.42	95.2
18:1 n-9	36.1	1395	32.5	1625	32.8	759	39.0	686
18:1 trans	2.75	104	4.67	231	ND	ND	ND	ND
18:1 n-7	2.33	91.6	1.45	71.7	3.99	92.3	3.52	61.8
18:2 n-6	2.42	89.0	2.70	125	14.2	302	24.5	430
18:3 n-3	0.70	26.0	1.37	65.8	0.95	20.6	4.18	73.5
20:2 n-6	ND	ND	ND	ND	0.42	9.05	0.20	3.60
20:3 n-6	0.21	7.49	0.05	2.41	0.34	7.21	0.07	1.3
20:3 n-3	0.01	0.34	ND	ND	0.12	2.72	ND	ND

Figura 6. Tabla comparativa de la composición en ácidos grasos del músculo longísimo de diferentes especies (Lawrie's Meat Science, 8th Ed., 2018).

con una dieta enriquecida en este ácido graso, se analizaron los efectos beneficiosos sobre diversos tipos de tumores, como el melanoma, el linfoma, o, directamente relacionado con la idea de este trabajo, el de colon. Los resultados fueron tan esclarecedores que los científicos apuntan a que el TVA podría ser contemplado como un suplemento nutricional en aquellos pacientes que sigan tratamientos contra el cáncer (Fan *et al.*, 2023). Este descubrimiento llamó tanto la atención que incluso llegó a publicarse en la prensa.

La carne constituye también una importante fuente de **hierro** de alta biodisponibilidad, al contrario que las fuentes vegetales de este elemento, para la nutrición humana. Aproximadamente un 25% del hierro de la carne es absorbido, pero también es reseñable que la ingesta de carne favorece la absorción del hierro presente en otros alimentos. Es un hecho constatado que la presencia de este elemento en la dieta preserva de una de las deficiencias nutricionales más extendidas en los países desarrollados, la anemia (Horcada y Polvillo, 2010).

Debe resaltarse también que la carne y los productos derivados son la principal fuente de vitamina B6 y la segunda de niacina; además, junto con el pescado y otros productos de origen animal (como huevos y leche), son la única fuente natural de vitamina B12.

Como ocurre, probablemente, con todos los alimentos, se recomienda consumir carne con moderación, pero se ha demostrado que tiene un papel esencial para que una dieta sea equilibrada, a pesar de algunas opiniones peyorativas (Pereira y Vicente, 2013). La FESNAD (Federación Española de Sociedades de Nutrición, Alimentación y Dietética) lanzó un comunicado de prensa llamando a la tranquilidad, recomendando las pautas de consumo dietéticas propuestas por AECOSAN (Agencia Española de Consumo, Seguridad Alimentaria y Nutrición) y recordando el valor nutricional de las carnes rojas (Navarro, 2015).

5.2. Tratamientos usados en la industria cárnica

La industria cárnica ha desarrollado y perfeccionado diversas técnicas de tratamiento para conservar, mejorar y diversificar los productos cárnicos que llegan a las mesas de los consumidores. Entre estas técnicas se destacan la fermentación, el ahumado, la adición de sal, el uso de nitritos y el tratamiento térmico, al que se ve sometida la carne cuando se usan temperaturas muy altas como en la barbacoa, cada una con sus propios métodos, beneficios y desafíos. Estas prácticas no solo buscan prolongar la vida útil de la carne y prevenir toxiinfecciones de origen microbiano, sino también realzar sus sabores y texturas, respondiendo a las preferencias culinarias y las exigencias del mercado.

5.2.1. Ahumado

El ahumado es un método tradicional de conservación y preparación de carnes que implica su exposición al humo producido por la combustión lenta de madera o serrín. Este proceso no solo prolonga la vida útil de la carne, sino que también le proporciona un sabor y aroma característicos.

Como aspecto positivo, este procedimiento participa en la **conservación** porque se produce una **deshidratación** que reduce el contenido de humedad de la carne, lo que disminuye la actividad del agua y, por ende, la proliferación de bacterias y hongos que pueden causar la descomposición y toxiinfecciones debidas a esta. El humo contiene varios **compuestos químicos**, como fenoles y formaldehídos, que tienen propiedades **antimicrobianas y antioxidantes** (Wong y Kitts, 2002). Por otro lado, el proceso imparte un **sabor** distintivo y profundo a la carne, altamente valorado en muchas cocinas del mundo y que, según la variedad de madera utilizada (como nogal, cerezo o roble), ofrece una amplia gama de opciones según las preferencias gustativas. El ahumado lento y a bajas temperaturas ayuda a descomponer el colágeno de la carne, modificando la **textura** y haciendo que los cortes más duros se vuelvan tiernos y jugosos, algo especialmente apreciado en piezas grandes de carne como las costillas (Man y Moh, 2015).

La cara negativa del ahumado es que se generan **compuestos potencialmente peligrosos** como hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) y aminas heterocíclicas (AH), asociados con un mayor riesgo de cáncer, particularmente el cáncer colorrectal. La exposición prolongada o excesiva a estos compuestos puede tener efectos adversos, por lo que es importante moderar el consumo de carnes ahumadas y seguir prácticas de ahumado que minimicen su formación (Guillen y Sopelana, 2004).

Para reducirlos o eliminarlos, se pueden implementar diversas estrategias, como: el **control de la temperatura y el tiempo de ahumado**, utilizando métodos en frío en lugar de en caliente; la **selección de la madera**, usando maderas que producen menos HAPs (roble, nogal) y no maderas resinosas (pino, abeto), tratadas químicamente o contaminadas; la **filtración del humo**, capturando partículas y compuestos volátiles antes de que entre en contacto con la carne; la **modificación del proceso**, como el ahumado líquido, capturando y condensando el humo en forma líquida permitiendo la eliminación de muchos compuestos antes de su aplicación (Guillen y Sopelana, 2004); el **uso de aditivos naturales** (extractos de romero y té verde) (Murkovic, 2004), reduciendo la formación de HAPs; y la **aplicación de la cromatografía**, con la que se puede

identificar y cuantificar los HAPs presentes, permitiendo su separación y eliminación del humo líquido para mejorar la seguridad del producto (Purcaro *et al.*, 2013).

5.2.2. Adición de sal

Se trata de una técnica antigua y ampliamente utilizada para la conservación y preparación de la carne. Esta práctica no solo ayuda a prolongar la vida útil de los productos cárnicos, sino que también les confiere sabores característicos y deseables.

Por un lado, promueve la conservación reduciendo la actividad de agua e **inhibiendo el crecimiento bacteriano** y otros microorganismos responsables de la descomposición. Esto es especialmente importante para prevenir enfermedades transmitidas por alimentos. Los productos a los que se les añade sal, como el jamón serrano y los embutidos, pueden conservarse durante meses sin necesidad de refrigeración, lo que los hace ideales para almacenarlos a largo plazo y transportarlos (Desmond, 2006). La sal potencia el **sabor** en una extensa variedad de productos, pero especialmente en la carne, realzando sus características naturales. También se pueden añadir especias y hierbas, lo que contribuye a un perfil de sabor más complejo y atractivo. Además, los métodos de salazón son relativamente **simples y económicos**, lo que los hace accesibles para pequeños productores y entornos domésticos. Esto se debe a que su adición no requiere equipos complejos ni condiciones específicas de almacenamiento, permitiendo la preservación de tradiciones culinarias en diversas culturas (Doyle y Glass, 2010).

Como contrapartida, el consumo excesivo de sal contribuye a la retención de líquidos, suponiendo una presión adicional sobre los riñones y **problemas renales** a largo plazo, y al aumento de la presión sanguínea, lo cual puede promover la aparición de problemas **cardíacos** y **accidentes cardiovasculares** (He y MacGregor, 2009).

5.2.3. Nitritos

Los nitritos son compuestos químicos ampliamente utilizados en la conservación de carnes procesadas. Su uso principal es inhibir el crecimiento de bacterias, generar un color rojo característico y mejorar el sabor de los productos cárnicos.

Al igual que el ahumado y la sal, los nitritos participan en la **conservación** de la carne ya que previenen el crecimiento de bacterias peligrosas como *Clostridium botulinum* y hacen que la carne sea segura para su consumo durante su vida útil, llegando también a alargarla, algo especialmente importante en el almacenamiento y distribución del producto. Reaccionan con la

mioglobina de la carne, formando nitrosomioglobina, que tiene un **color** rojo brillante, indicador de frescura y calidad para los consumidores. Respecto al **sabor**, contribuyen mejorando la palatabilidad (Honikel, 2008).

Sin embargo, bajo ciertas condiciones de tratamiento térmico, especialmente a altas temperaturas, los nitritos pueden reaccionar con aminas presentes en la carne para formar **nitrosaminas**, compuestos relacionados con un mayor riesgo de **cáncer**, particularmente el colorrectal. A su vez, algunas personas pueden experimentar **reacciones alérgicas o sensibilidades** a estos compuestos, manifestándose en síntomas como dolores de cabeza, mareos y problemas respiratorios, variando en su severidad (Sindelar y Milkowski, 2012). A todo esto, puede añadirse que existe una creciente **preocupación** entre los consumidores sobre el uso de aditivos químicos en los alimentos, incluyendo entre ellos los nitritos. Esto puede afectar negativamente a la percepción de ciertos productos cárnicos, ya que puede crear una tendencia hacia la preferencia por productos “naturales” y sin aditivos.

5.2.4. Tratamiento térmico

Los tratamientos térmicos a altas temperaturas son procesos que se utilizan para cocinar, conservar y/ o mejorar la seguridad y calidad del producto. Con ellos se consigue destruir patógenos como bacterias, virus y parásitos, reduciendo el riesgo de enfermedades transmitidas por alimentos. Se desarrollan sabores complejos y aromas agradables mediante reacciones como la caramelización o la reacción de Maillard. Se ablanda la carne haciendo que sea más tierna y jugosa, especialmente en una cocción lenta y prolongada. Se desnaturalizan las proteínas y se descomponen las fibrillas musculares facilitando su digestión. Se puede conservar la carne por periodos más largos al reducir el contenido de agua y prevenir el crecimiento microbiano. En carnes envasadas (enlatadas) permiten la conservación a largo plazo (años). Sin embargo, cocinar a altas temperaturas puede dar lugar a la formación de los compuestos carcinógenos anteriormente mencionados (HAPs y AHs); a la pérdida de humedad dando como resultado una carne seca y menos jugosa; a sabores indeseables o quemados si no se controla adecuadamente; y a un gran gasto en equipos especializados y un mayor consumo de energía.

5.2.5. El bacon: un caso singular

El bacon es un producto cárnico que pasa por todos los tratamientos mencionados, que influyen tanto en su sabor como en su perfil nutricional. Estos incluyen el **curado**, en el que se le añade una mezcla de sal, azúcar y nitritos o nitratos para preservar la carne y mejorar su color y sabor, el **ahumado**, que le confiere su característico sabor, aunque también puede generar HAPs, y el

calentamiento a altas temperaturas, que puede producir AHs y otros compuestos cancerígenos. Finalmente, el alto contenido de **grasa** del bacon (alrededor de un 30%, en función de que contenga más o menos tejido muscular) contribuye tanto a su sabor y textura como a su valor nutricional, ya que durante su procesamiento se conserva gran parte, contribuyendo a la aparición de enfermedades cardiovasculares si se consume en exceso (Sindelar y Milkowski, 2012). Estos diversos tratamientos combinan métodos tradicionales y modernos de conservación, realce del sabor y seguridad alimentaria, pero también implican consideraciones importantes para la salud pública. Por otro lado, su sabor y textura tan características y singulares hacen de él un producto muy apreciado por numerosos consumidores.

5.3. Riesgos para la salud

Contrariamente a lo que opina gran parte de la población, no hay alimentos saludables y alimentos no saludables, lo que puede darse son dietas inadecuadas. Quizá la excepción a esta regla son los alimentos que contienen alcohol, como el vino y la cerveza, que pueden considerarse directamente tóxicos. Así pues, la carne no es insana, sin embargo, últimamente ha aumentado la preocupación por sus riesgos para la salud, pues muchos estudios asocian su consumo con la incidencia y prevalencia de enfermedades crónicas como la obesidad, el cáncer colorrectal, la diabetes tipo II y algunas enfermedades cardiovasculares. Por lo tanto, es particularmente importante verificar los riesgos reales para la seguridad y las características nutricionales de los productos cárnicos.

Este tema ha generado controversia y ha llevado a un replanteamiento de las recomendaciones nutricionales en varios países. Por ejemplo, las Directrices Dietéticas para los estadounidenses aconsejan reducir a una porción por semana el consumo de carne roja y carne procesada, similar a las recomendaciones de Reino Unido, que limitan la ingesta de estos dos tipos de carne a 70 g/día. No obstante, es importante señalar que la carne no es la única fuente de exposición a compuestos potencialmente carcinógenos en la dieta, y que el método y el tiempo de cocción, la temperatura y la exposición directa o indirecta al fuego pueden influir significativamente en la formación de estas sustancias (Yepes, 2019).

Entre los estudios observacionales, es decir, aquellos en los que no se introduce artificialmente una variable experimental, se considera que aquellos del tipo caso-control, en los que se observan y comparan a dos grupos de individuos, uno con la condición o enfermedad (caso) y otro que no la tiene (control), aportan poca evidencia en causalidad debido a los tipos de encuestas nutricionales utilizadas entre casos recientemente diagnosticados para una enfermedad dada y los controles que no tienen tal condición (Klurfeld, 2015). En muchas

investigaciones que evalúan la relación entre la ingesta de alimentos o patrones nutricionales con prevalencia de enfermedades crónicas, se realiza solo una única determinación de la ingesta dietética y se asume que la dieta de los participantes no cambia durante el periodo de realización del estudio, el cual, a menudo, se extiende durante 10 a 20 años. Los estudios de seguimiento a corto-plazo abundan, pero tienen poco valor por la posibilidad de la causalidad inversa, que supone que la presencia de enfermedad no diagnosticada a menudo resulte de cambios en la dieta (Celada y Sánchez, 2016).

La medición precisa del consumo de carne es un desafío significativo. Muchos trabajos de investigación dependen de cuestionarios de frecuencia alimentaria (FFQ), que se basan en el auto-reporte de los participantes sobre su ingesta dietética. Estos métodos pueden introducir errores debido a la memoria y precisión de los participantes, que pueden no recordar con precisión lo que comieron o pueden subestimar/sobreestimar su consumo de carne. Además, la categorización de la carne (roja, blanca o procesada) y la cantidad consumida es muy imprecisa, lo que afecta a la capacidad de detectar relaciones claras. Gran parte de los estudios hasta la fecha han sido de naturaleza observacional y, en consecuencia, solo pueden proporcionar evidencia de correlación, no de causalidad. En muchas ocasiones, en este tipo de estudios no se considera que existen muchos factores distintos ligados a una dieta diferente, como el ejercicio físico, el estrés, el consumo de otras sustancias y otros hábitos alimentarios. Estas limitaciones, la medición del consumo de carne, la duración del seguimiento y las variaciones socioeconómicas y culturales complican aún más la interpretación de los resultados. Para avanzar en esta área, se necesita un enfoque más riguroso que incluya ensayos controlados aleatorios bien diseñados, así como una mejor comprensión de los mecanismos biológicos subyacentes y las interacciones complejas entre los diferentes factores de riesgo.

5.3.1. Cáncer colorrectal

La supuesta carcinogenicidad de la carne varía en función del método culinario, la cantidad consumida y la predisposición genética de cada individuo (Larson, 2006), y los mecanismos por los que se puede desarrollar cáncer colorrectal (CCR) al consumir carne roja y procesada se basan en el procesamiento y el uso de algunos aditivos. Quizás un mayor conocimiento de estos mecanismos podría llevar a mejorar el método del procesamiento sin tener que restringir el consumo de estos productos (Celada y Sánchez, 2016).

El CCR es la neoplasia de mayor frecuencia en vías digestivas, constituyendo del 9 al 10% de todos los cánceres en el mundo. Se conoce como el cuarto cáncer más diagnosticado en hombres y el tercero en mujeres (Romero, 2015). Además, es multicausal, por lo que no solo el

consumo excesivo de carne roja y procesada es responsable de su aparición. Abarca factores internos como mutaciones genéticas y hormonales, condiciones inmunológicas (Gajardo y Torres, 2018) y factores externos como dietas poco saludables, baja ingesta de fibra, consumo de alcohol, obesidad, un estilo de vida sedentario, tabaquismo y exposición ambiental a carcinógenos (Calva y Acevedo, 2009). Estos factores pueden complicar los estudios observacionales sobre la carcinogenicidad de la carne, ya que es difícil aislar el impacto específico de su consumo de otros factores de riesgo. La variabilidad en la susceptibilidad genética, junto con diferencias en la dieta, el estilo de vida y la exposición a otros carcinógenos, pueden llevar a resultados confusos o contradictorios, dificultando la interpretación clara de la asociación entre la ingesta de carne y el riesgo de padecer CCR.

En relación con la dieta, se ha descrito que el consumo frecuente de carne, a largo plazo, aumenta el riesgo de CCR, especialmente de carne roja, incluso más fuerte que las carnes procesadas (salchichas, hamburguesas, carne ahumada y enlatada). Esto se debe principalmente a los métodos de cocción a alta temperatura, que pueden influir en la producción de componentes cancerígenos, como **aminas heterocíclicas** o **hidrocarburos poliaromáticos**, en la superficie de carnes cocinadas durante largos períodos de tiempo (Vanegas *et al.*, 2020). Estos compuestos se forman cuando los aminoácidos, azúcares y creatinina de la carne reaccionan a altas temperaturas, llegando a modificar la replicación y transcripción del ADN y producir mutaciones que pueden iniciar y promover el desarrollo del cáncer. Además, provocan una respuesta inflamatoria del intestino, aumentando así la proliferación celular y formando un ambiente propicio para la carcinogénesis (Sinha *et al.*, 2001).

Las carnes procesadas a menudo contienen **nitritos** y **nitratos** utilizados como conservantes. Estos elementos pueden reaccionar en el cuerpo formando compuestos N-nitrosos, provocando errores en la replicación celular y contribuyendo también a la inflamación crónica del tracto gastrointestinal y, por tanto, al desarrollo de CCR (Cross *et al.*, 2010).

Por otro lado, la carne roja es rica en **hierro hémico**, que se encuentra en la hemoglobina y mioglobina de los animales y que cataliza la formación de los compuestos N-nitrosos mencionados, exacerbando sus efectos carcinógenos. El hierro hémico puede además generar especies reactivas de oxígeno (ROS) que pueden dañar el ADN, las proteínas y las membranas celulares de las células epiteliales del colon, causando citotoxicidad y una mayor tasa de proliferación celular para reparar el tejido dañado, lo que puede aumentar el riesgo en la replicación del ADN y, por tanto, de cáncer (Bastide *et al.*, 2015).

A pesar de que existen algunos estudios que asocian un mayor consumo de carne con el aumento del riesgo de desarrollar CCR (Bouvard *et al.*, 2015), la demostración de su relación es aún insuficiente, razón por la cual se siguen impulsando investigaciones orientadas a aportar mayores antecedentes. Con el objetivo de proporcionar evidencia científica, Knuppel y cols. realizaron un estudio en 474996 adultos británicos pertenecientes a la cohorte del UK Biobank, los cuales fueron estudiados por 6,9 años (Knuppel *et al.*, 2020).

Knuppel y cols. reportaron que un consumo superior a 100 g de carne total al día aumenta el riesgo de desarrollar CCR y de colon en un 29% y 30%, respectivamente. Además, un consumo de carnes rojas y procesadas superior a 70 g al día se asoció con 32% y 40% mayor riesgo de desarrollar CCR y de colon, respectivamente. Un consumo superior a 50 g al día de carne roja se asoció con 22% y 36% mayor riesgo de CCR y cáncer de colon, respectivamente. Al analizar el consumo de carnes procesadas, los autores evidenciaron que un consumo mayor a 20 g al día se asoció con 18% mayor riesgo de CCR (figura 7).

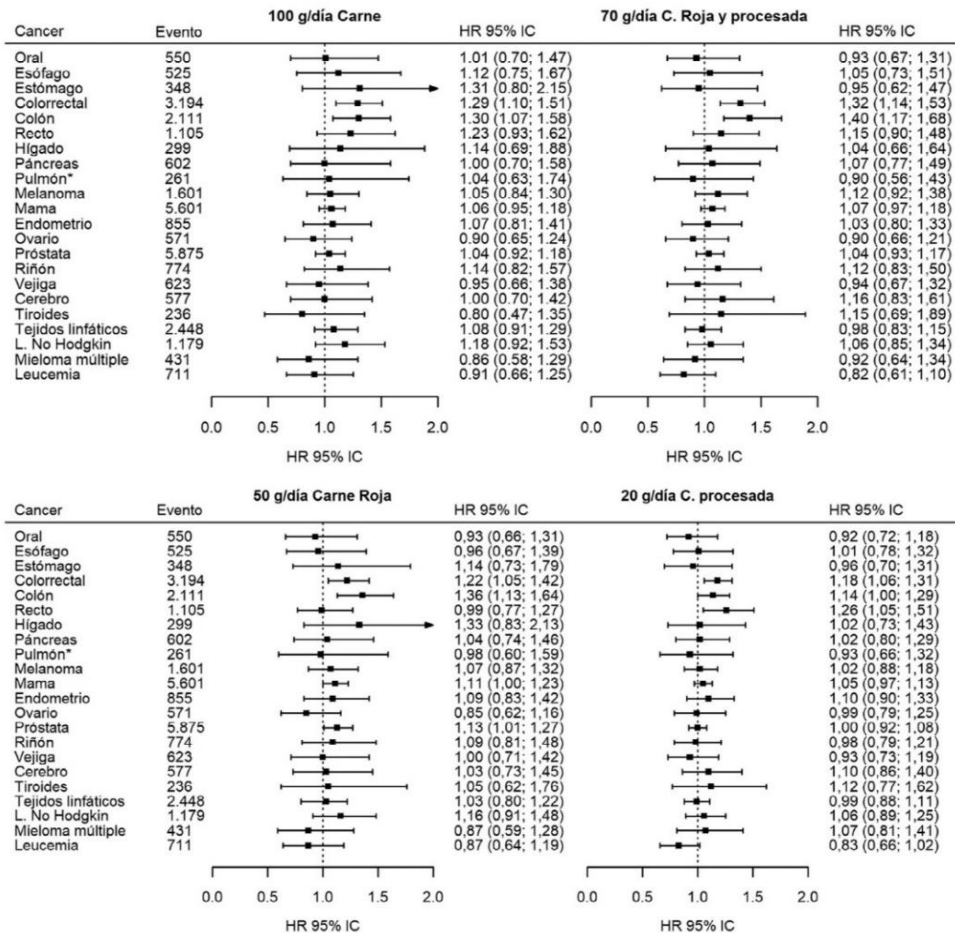


Figura 7. Asociación entre el consumo de carnes rojas y carnes procesadas con diferentes tipos de cáncer. Los datos son presentados en Hazard Ratio (HR) con su 95% intervalos de confianza (IC), por cada 100 g/día de consumo de carne total, 70 g/día de consumo de carnes rojas y procesadas, 50 g/día de consumo de carnes rojas y 20 g/día de consumo de carnes procesadas al día (Knuppel *et al.*, 2020).

En un metaanálisis de 2011 (figura 8), que incluyó datos de 29 estudios, un alto consumo de carne roja (más de 100 g/d) se relacionó con un aumento del 17% en el riesgo de padecer CCR, e ingerir más de 50 g/día con un incremento del 18% (Chan *et al.*, 2011).

	Red and processed meats			Red meat			Processed meat		
	Pooled RR (95% CI) ^a , P value	n	Heterogeneity I ² , P value	Pooled RR (95% CI) ^a , P value	n	Heterogeneity I ² , P value	Pooled RR (95% CI) ^a , P value	n	Heterogeneity I ² , P value
Dose-response meta-analysis Per 100 g/day				Per 100 g/day			Per 50 g/day		
All studies									
Colorectal cancer	1.14 (1.04–1.24), 0.00	11	56%, 0.01	1.17 (1.05–1.31), 0.01	8	0%, 0.48	1.18 (1.10–1.28), 0.00	9	12%, 0.33
Colon cancer	1.25 (1.10–1.43), 0.00	8	60%, 0.02	1.17 (1.02–1.33), 0.02	10	0%, 0.65	1.24 (1.13–1.35), 0.00	10	0%, 0.65
Proximal colon cancer	1.11 (0.88–1.40), 0.37	2	0%, 0.67	–	1	–	1.12 (0.81–1.56), 0.49	2	0%, 0.64
Distal colon cancer	1.22 (0.62–2.38), 0.57	2	90%, 0.00	–	1	–	1.41 (0.93–2.14), 0.10	2	0%, 0.69
Rectal cancer	1.31 (1.13–1.52), 0.00	5	18%, 0.30	1.18 (0.98–1.42), 0.08	7	0%, 0.67	1.12 (0.99–1.28), 0.08	8	0%, 0.56
By gender									
Men†									
Colorectal cancer	1.07 (0.98–1.16), 0.14	3	0%, 0.97	1.28 (0.49–3.35), 0.61	2	64%, 0.09	1.11 (0.86–1.44), 0.42	2	35%, 0.22
Colon cancer	1.41 (0.98–2.03), 0.07	2	71%, 0.06	1.06 (0.75–1.50), 0.73	2	0%, 0.98	1.64 (0.94–2.84), 0.08	3	72%, 0.03
Women									
Colorectal cancer	1.05 (0.90–1.23), 0.51	5	49%, 0.10	1.05 (0.78–1.42), 0.73	3	22%, 0.28	1.09 (0.89–1.33), 0.43	4	0%, 0.48
Colon cancer	1.15 (0.87–1.52), 0.33	5	70%, 0.01	1.16 (0.84–1.61), 0.37	5	28%, 0.23	1.33 (1.07–1.66), 0.01	5	0%, 0.75
Rectal cancer	2.12 (0.66–6.77), 0.21	2	73%, 0.05	0.90 (0.60–1.35), 0.60	3	0%, 0.86	0.94 (0.62–1.44), 0.79	2	0%, 0.89
By geographic area									
Europe									
Colorectal cancer	1.22 (1.10–1.35), 0.00	3	0%, 0.65	1.23 (1.08–1.40), 0.00	5	0%, 0.63	1.13 (1.04–1.24), 0.01	4	0%, 0.73
Colon cancer	1.37 (1.13–1.66), 0.00	2	47%, 0.17	1.29 (1.08–1.54), 0.01	3	0%, 0.37	1.18 (1.05–1.33), 0.01	3	0%, 0.99
Rectal cancer	1.23 (1.01–1.50), 0.04	2	0%, 0.87	1.20 (0.95–1.50), 0.13	3	0%, 0.74	1.07 (0.92–1.25), 0.37	3	0%, 0.70
North America									
Colorectal cancer	1.11 (0.98–1.25), 0.09	8	66%, 0.00	–	1	–	1.21 (1.04–1.42), 0.01	4	11%, 0.34
Colon cancer	1.20 (1.01–1.43), 0.04	6	62%, 0.02	1.11 (0.86–1.44), 0.43	4	0%, 0.75	1.27 (1.10–1.47), 0.00	5	0%, 0.74
Rectal cancer	1.44 (1.05–1.96), 0.02	3	54%, 0.12	0.93 (0.54–1.60), 0.80	2	0%, 0.95	1.19 (0.92–1.55), 0.18	4	0%, 0.44
Highest versus lowest meta-analysis									
Colorectal cancer	1.22 (1.11–1.34), 0.00	10	14%, 0.31	1.10 (1.00–1.21), 0.04	12	22%, 0.22	1.17 (1.09–1.25), 0.00	13	6%, 0.39
Colon cancer	1.19 (1.06–1.34), 0.00	8	20%, 0.27	1.18 (1.04–1.35), 0.01	10	0%, 0.70	1.19 (1.11–1.29), 0.00	11	0%, 0.88
Proximal colon cancer	1.13 (0.97–1.32), 0.11	5	0%, 0.85	1.13 (0.83–1.54), 0.43	2	0%, 0.83	1.04 (0.90–1.20), 0.59	5	0%, 0.78
Distal colon cancer	1.36 (0.93–1.98), 0.11	5	71%, 0.01	1.57 (0.98–2.49), 0.06	2	53%, 0.15	1.20 (1.01–1.44), 0.04	5	0%, 0.41
Rectal cancer	1.51 (1.31–1.75), 0.00	6	0%, 0.76	1.14 (0.83–1.56), 0.43	7	38%, 0.14	1.19 (1.02–1.39), 0.03	9	20%, 0.27

^aRR – relative risk; CI – confidence interval; n – number of studies †There is only one male cohort reported results on rectal cancer

Figura 8. Resumen del metaanálisis del riesgo relativo del consumo de carne roja y procesada y cáncer colorrectal dividido en grupos (Chan *et al.*, 2011).

En el año 2013, una investigación que entre sus objetivos tenía medir la asociación entre carne roja y procesada y los subtipos de carne, con el riesgo de CCR, afirmó que el riesgo dependía del origen de los animales y del tipo de cáncer, destacando el consumo de cordero para el riesgo de cáncer de colon, y el consumo de cerdo para el rectal (Egeberg *et al.*, 2013). Y en otro estudio, el consumo de mortadela, el salami, los perritos calientes, el jamón y la carne salada fueron asociados al riesgo de desarrollar diferentes tipos de cáncer, entre ellos el CCR (De Stefani *et al.*, 2012).

Medir la asociación entre las diferentes formas de cocinar la carne y su grado de cocción con el riesgo de padecer CCR, ha sido el objetivo principal de tres estudios (Cross *et al.*, 2010; Parr *et al.*, 2010; Tabatabaei *et al.*, 2011), estableciendo una asociación positiva entre carnes cocinadas a altas temperaturas durante mucho tiempo, con el aumento de CCR (Cross *et al.*, 2010), adenomas rectales (Ferrucci *et al.*, 2012) y pólipos colorrectales (Fu *et al.*, 2011).

5.3.2. Diabetes tipo II

La diabetes tipo II es una enfermedad metabólica crónica caracterizada por la resistencia a la insulina y/o disfunción de las células beta del páncreas, lo que conduce a niveles elevados de glucosa en sangre, un azúcar que las células utilizan como principal fuente de energía (American Diabetes Association, 2022). En condiciones normales el cuerpo produce insulina, pero cuando las células desarrollan esta resistencia el azúcar es incapaz de ingresar de manera eficiente, provocando un aumento en los niveles de glucosa en sangre (hiperglucemia).

Esta variante es la forma más común de diabetes, representando aproximadamente el 90% de todos los casos de diabetes a nivel mundial (International Diabetes Federation, 2019). Además, el desarrollo a largo plazo de esta enfermedad puede causar una serie de complicaciones que afectan a varios sistemas del cuerpo. Estas pueden incluir enfermedades cardiovasculares, neuropatías, enfermedad renal crónica, daños cerebrovasculares, retinopatía diabética, problemas de cicatrización de heridas y mayor riesgo de desarrollar otras condiciones patológicas, como hipertensión arterial, dislipidemia (niveles anormales de lípidos en sangre) y enfermedad hepática grasa no alcohólica (Kahn y Cooper, 2019).

Factores como la dieta, el estilo de vida y la genética juegan roles cruciales en su desarrollo. Entre los factores dietéticos, el consumo de carne, especialmente carne roja y procesada, ha sido identificado como un contribuyente significativo (Valli *et al.*, 2019) (Shan *et al.*, 2017).

Para explicar cómo el consumo de carne puede contribuir al desarrollo de diabetes tipo II se han descrito diversos mecanismos biológicos como: la presencia de **grasas saturadas**, que contribuyen a esa resistencia a la insulina; la presencia de **hierro hémico**, que puede inducir estrés oxidativo, daño a las células beta del páncreas e inflamación crónica; la formación de compuestos nocivos (**aminas heterocíclicas y productos de glicación avanzada**) por métodos de cocción a altas temperaturas (asado y parrilla); y el uso de **nitratos y nitritos** como conservantes, que pueden formar nitrosaminas (sustancias tóxicas para las células beta) y contribuir a la resistencia a la insulina (Montonen *et al.*, 2005; Rajpathak *et al.*, 2009; Kim y Je, 2014; Micha *et al.*, 2012).

En 2013 se realizó un estudio multinacional incluyendo a más de 340000 participantes de ocho países europeos (figura 9) donde se proporcionó una sólida evidencia de la asociación entre el consumo de carne y el riesgo de desarrollar diabetes tipo II, señalando la importancia de considerar tanto la cantidad como el tipo de carne ingerida en la dieta para la prevención de esta enfermedad (Forouhi *et al.*, 2013).

Baseline non-dietary characteristic	Quintiles of total meat consumption				
	1	2	3	4	5
Median total meat intakes					
Men (g/day)	61.6	99.3	129.7	164.4	228.1
Women (g/day)	38.3	66.9	90.0	114.1	155.4
Smoking status					
Never	49.70	48.85	46.26	44.04	45.31
Former	29.02	27.03	28.10	26.97	24.77
Current	21.28	24.12	25.62	29.00	29.91
BMI class ^a					
Normal weight	54.57	46.26	43.00	43.45	35.22
Overweight	35.34	39.88	40.92	40.73	42.76
Obese	11.00	13.86	16.06	15.83	22.02
Waist circumference ^b					
Above WHO cut-off ^c	18.43	22.29	25.14	25.93	30.99
Hypertension ^{b,d}	19.63	20.03	18.13	18.51	18.30
Hyperlipidaemia ^{b,d}	18.96	20.25	19.10	17.84	17.52
Cambridge physical activity index ^e					
Inactive	24.03	24.38	24.41	22.08	23.20
Moderately inactive	32.49	33.19	34.27	33.45	34.86
Moderately active	23.80	22.15	22.48	23.07	21.92
Active	19.67	20.28	18.84	21.49	20.02
Educational level					
None	6.36	6.29	6.82	7.93	10.94
Primary school	28.00	31.65	34.76	33.94	37.88
Technical/professional school	23.48	25.16	22.97	23.26	21.26
Secondary school	16.75	14.94	15.53	14.45	14.02
Longer education	25.41	21.95	19.92	20.41	15.89

Figura 9. Distribución (%) de la muestra de la subcohorte EPIC-InterAct (15,258 participantes, 62.2% mujeres, edad media 52.4 años) según las principales características individuales al inicio del estudio.

Se concluyó que para cada incremento de 50g/día de carne, el riesgo relativo (HR) aumentó un 1.08 (IC95%: 1.05-1.12), 1.08 (IC 95%: 1.03-1.13) y 1.12 (IC 95%: 1.05-1.19) respectivamente. Se observó también que las asociaciones eran modificadas por el **sexo** y el **índice de masa corporal** (figura 10).

En los hombres, la relación positiva se mantenía, mientras que, en las mujeres, persistía pero de manera atenuada (figura 11). Además, en el caso de las mujeres también emergió otra conexión con el consumo de carne de ave (HR 1.20; IC 95%: 1.07-1.34). Los datos obtenidos en individuos obesos no fueron evidentes (Forouhi *et al.*, 2013).

Daily consumption	No. of cases	Basic model ^a		Multivariate model 1 ^b		Multivariate model 2 ^c	
		HR	CI	HR	CI	HR	CI
Total meat							
Q1 (m=61.6, w=38.3)	1,970	1.00		1.00		1.00	
Q2 (m=99.3, w=66.9)	2,070	1.16	1.06, 1.26	1.15	1.05, 1.25	1.01	0.91, 1.11
Q3 (m=129.7, w=90.0)	2,441	1.44	1.32, 1.57	1.39	1.27, 1.52	1.17	1.06, 1.30
Q4 (m=164.4, w=114.1)	2,347	1.50	1.37, 1.64	1.45	1.32, 1.59	1.19	1.07, 1.32
Q5 (m=228.1, w=155.4)	2,731	1.97	1.78, 2.16	1.82	1.65, 2.01	1.27	1.13, 1.42
p value for linear trend		<0.0001		<0.0001		<0.0001	
50 g increments		1.21	1.18, 1.24	1.18	1.15, 1.22	1.08	1.05, 1.12
Red meat							
Q1 (m=11.2, w=7.1)	2,061	1.00		1.00		1.00	
Q2 (m=30.8, w=20.4)	2,233	1.16	1.07, 1.27	1.16	1.06, 1.26	0.99	0.89, 1.11
Q3 (m=51.0, w=34.8)	2,285	1.26	1.16, 1.38	1.24	1.13, 1.36	1.10	1.00, 1.22
Q4 (m=76.3, w=52.1)	2,437	1.40	1.27, 1.53	1.33	1.21, 1.46	1.16	1.05, 1.29
Q5 (m=116.8, w=80.7)	2,543	1.57	1.42, 1.73	1.50	1.36, 1.56	1.20	1.07, 1.35
p value for linear trend		<0.0001		<0.0001		<0.0001	
50 g increments		1.20	1.15, 1.25	1.18	1.13, 1.23	1.08	1.03, 1.13
Processed meat							
Q1 (m=9.1, w=4.3)	2,015	1.00		1.00		1.00	
Q2 (m=23.2, w=13.2)	2,190	1.13	1.04, 1.22	1.13	1.04, 1.23	1.08	0.98, 1.19
Q3 (m=36.9, w=21.6)	2,275	1.20	1.10, 1.30	1.18	1.08, 1.28	1.03	0.94, 1.14
Q4 (m=55.7, w=34.4)	2,447	1.36	1.25, 1.48	1.31	1.20, 1.43	1.14	1.04, 1.26
Q5 (m=93.5, w=60.5)	2,632	1.61	1.47, 1.76	1.51	1.37, 1.65	1.16	1.04, 1.31
p value for linear trend		<0.0001		<0.0001		0.006	
50 g increments		1.30	1.23, 1.36	1.24	1.18, 1.31	1.12	1.05, 1.19
Red and processed meat							
Q1 (m=38.4, w=22.3)	1,991	1.00		1.00		1.00	
Q2 (m=71.0, w=45.4)	2,112	1.15	1.05, 1.25	1.11	1.01, 1.21	0.97	0.88, 1.08
Q3 (m=97.4, w=63.6)	2,328	1.34	1.23, 1.46	1.28	1.17, 1.40	1.08	0.97, 1.20
Q4 (m=129.0, w=85.3)	2,410	1.47	1.34, 1.61	1.39	1.26, 1.52	1.18	1.06, 1.31
Q5 (m=182.3, w=120.4)	2,718	1.84	1.67, 2.02	1.70	1.54, 1.88	1.18	1.04, 1.33
p value for linear trend		<0.0001		<0.0001		<0.0001	
50 g increments		1.23	1.1, 1.27	1.20	1.16, 1.24	1.09	1.05, 1.13
Offals							
Q1 (m=0.0, w=0.0)	5,862	1.00		1.00		1.00	
Q2 (m=0.9, w=0.6)	1,597	0.97	0.89, 1.06	0.99	0.90, 1.08	0.97	0.85, 1.07
Q3 (m=5.3, w=3.9)	4,100	1.11	1.04, 1.19	1.12	1.04, 1.19	1.04	0.96, 1.13
p value for linear trend		0.001		0.001		0.308	
10 g increments		1.09	1.0, 1.14	1.08	1.03, 1.14	1.00	0.94, 1.07
Poultry							
Q1 (m=0.6, w=0.3)	2,399	1.00		1.00		1.00	
Q2 (m=9.9, w=7.4)	2,208	0.95	0.87, 1.03	0.97	0.89, 1.06	0.98	0.89, 1.09
Q3 (m=16.9, w=15.2)	2,206	0.97	0.89, 1.06	1.00	0.91, 1.09	0.93	0.83, 1.03
Q4 (m=29.7, w=24.6)	2,356	1.05	0.97, 1.15	1.07	0.97, 1.16	0.99	0.89, 1.09
Q5 (m=53.8, w=49.3)	2,390	1.13	1.03, 1.24	1.12	1.02, 1.24	1.02	0.91, 1.13

Figura 10. HR y IC del 95% de diabetes tipo 2 por quintiles (Q) de consumo de varios tipos de carne en los 26,088 individuos del estudio de caso-cohort EPIC-InterAct (14,529 casos negativos de la subcohorte, 729 casos de diabetes tipo 2 de la subcohorte y 10,830 casos de diabetes tipo 2 fuera de la subcohorte).

Daily consumption	Men			Women		
	No. of cases	HR	CI	No. of cases	HR	CI
Total meat						
Q1 (m=61.6, w=38.3)	1,022	1.00		948	1.00	
Q2 (m=99.3, w=66.9)	977	0.92	0.78, 1.08	1,093	1.08	0.95, 1.23
Q3 (m=129.7, w=90.0)	1,283	1.24	1.06, 1.45	1,158	1.11	0.97, 1.27
Q4 (m=164.4, w=114.1)	1,177	1.27	1.08, 1.50	1,170	1.16	1.01, 1.33
Q5 (m=228.1, w=155.4)	1,302	1.38	1.15, 1.65	1,429	1.25	1.08, 1.45
p value for linear trend		<0.0001			0.003	
50 g increments		1.08	1.04, 1.13		1.09	1.04, 1.15
Red meat						
Q1 (m=11.2, w=7.1)	1,040	1.00		1,021	1.00	
Q2 (m=30.8, w=20.4)	1,151	1.07	0.92, 1.24	1,082	0.93	0.81, 1.08
Q3 (m=51.0, w=34.8)	1,145	1.14	0.98, 1.34	1,140	1.06	0.93, 1.22
Q4 (m=76.3, w=52.1)	1,203	1.27	1.08, 1.49	1,234	1.07	0.93, 1.23
Q5 (m=116.8, w=80.7)	1,222	1.30	1.09, 1.56	1,321	1.12	0.96, 1.30
p value for linear trend		0.001			0.042	
50 g increments		1.09	1.03, 1.17		1.06	0.98, 1.15
Processed meat						
Q1 (m=9.1, w=4.3)	993	1.00		1,022	1.00	
Q2 (m=23.2, w=13.2)	1,110	1.08	0.94, 1.24	1,080	1.07	0.94, 1.21
Q3 (m=36.9, w=21.6)	1,100	1.03	0.88, 1.20	1,175	1.03	0.91, 1.17
Q4 (m=55.7, w=34.4)	1,231	1.21	1.04, 1.40	1,216	1.10	0.97, 1.26
Q5 (m=93.5, w=60.5)	1,327	1.34	1.14, 1.57	1,305	1.07	0.92, 1.25
p value for linear trend		<0.0001			0.338	
50 g increments		1.15	1.07, 1.23		1.08	0.97, 1.20
Red and processed meat						
Q1 (m=38.4, w=22.3)	975	1.00		1,016	1.00	
Q2 (m=71.0, w=45.4)	1,067	1.01	0.87, 1.18	1,045	0.94	0.82, 1.07
Q3 (m=97.4, w=63.6)	1,173	1.16	0.99, 1.36	1,155	1.00	0.87, 1.15
Q4 (m=129.0, w=85.3)	1,227	1.31	1.12, 1.54	1,183	1.10	0.95, 1.26
Q5 (m=182.3, w=120.4)	1,319	1.42	1.19, 1.69	1,399	1.05	0.90, 1.23
p value for linear trend		<0.0001			0.122	
50 g increments		1.12	1.07, 1.17		1.07	1.00, 1.14
Poultry						
Q1 (m=0.6, w=0.3)	1,273	1.00		1,126	1.00	
Q2 (m=9.9, w=7.4)	1,148	0.95	0.81, 1.11	1,060	1.01	0.88, 1.15
Q3 (m=16.9, w=15.2)	1,081	0.87	0.74, 1.01	1,125	1.00	0.87, 1.16
Q4 (m=29.7, w=24.6)	1,139	0.90	0.78, 1.04	1,217	1.10	0.95, 1.27
Q5 (m=53.8, w=49.3)	1,120	0.89	0.76, 1.04	1,270	1.19	1.02, 1.38
p value for linear trend		0.115			0.015	
50 g increments		0.94	0.85, 1.03		1.20	1.07, 1.34

Figura 11. HR y IC del 95% de diabetes tipo 2 por quintiles (Q) de consumo de varios tipos de carne (diferencias entre los dos sexos) en los 11,174 hombres y 14,914 mujeres que participaron en el estudio EPIC-InterAct.

El estudio también señala diferencias en los patrones de consumo de carne entre los distintos países europeos participantes (figura 12), algo importante para entender el contexto específico de cada región y su impacto en la incidencia de la enfermedad (Forouhi *et al.*, 2013).

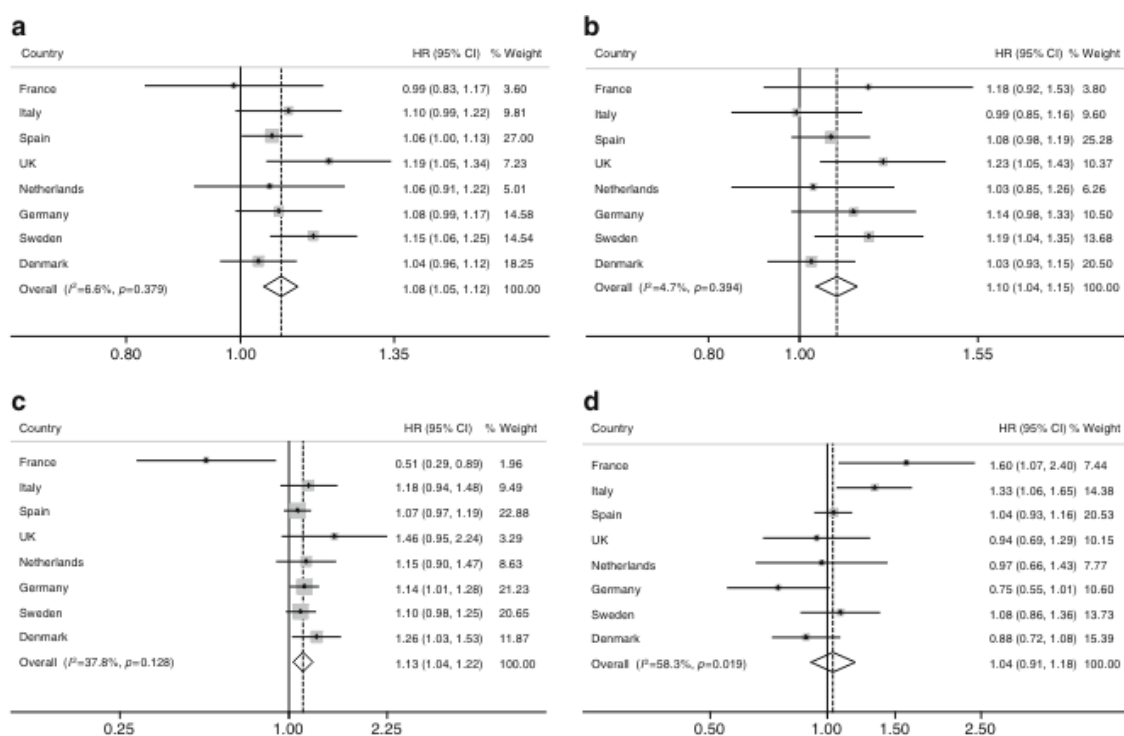


Figura 12. HR específico por país de la diabetes tipo II asociado a incrementos de 50g en el consumo de carne total (a), carne roja (b), carne procesada (c) y pollo (d). IC del 95% considerando el impacto de diferentes variables como son: sexo, ingesta de energía, IMC, consumo de tabaco y alcohol, actividad física y nivel educativo.

5.3.3. Enfermedades cardiovasculares

Las enfermedades cardiovasculares (ECV) representan una carga significativa para la salud pública en todo el mundo, siendo una de las principales causas de morbilidad y mortalidad. Factores como la dieta juegan un papel crucial en el desarrollo y la prevención de estas enfermedades.

Como en el CCR y la diabetes tipo II podemos explicar esta asociación por la implicación de varios mecanismos biológicos como: las **grasas saturadas** y el **colesterol**, que fomentan la formación de placas de ateroma en las arterias, aumentando así el riesgo de enfermedad coronaria y accidente cerebrovascular (Micha *et al.*, 2010); el sodio, que puede aumentar la presión arterial al retener el agua en el cuerpo, ejerciendo una carga adicional sobre el sistema cardiovascular y aumentando el riesgo de hipertensión (He y MacGregor, 2011); los nitratos y nitritos, que provocan la formación de compuestos nitrosos en el cuerpo y estos pueden llegar a tener efectos adversos sobre la función endotelial y la salud cardiovascular (Bryan *et al.*, 2017); y algunos compuestos proinflamatorios y prooxidantes, que pueden desencadenar respuestas inflamatorias y estrés oxidativo, contribuyendo al desarrollo de la aterosclerosis y otras enfermedades cardiovasculares (López-García *et al.*, 2014; Micha *et al.*, 2010).

En un metaanálisis de 2010 (figura 13) se evaluaron exhaustivamente y combinaron datos de múltiples cohortes y ensayos clínicos para analizar la asociación entre el consumo de carne roja, carne procesada y el riesgo de enfermedades coronarias y accidentes cardiovasculares.

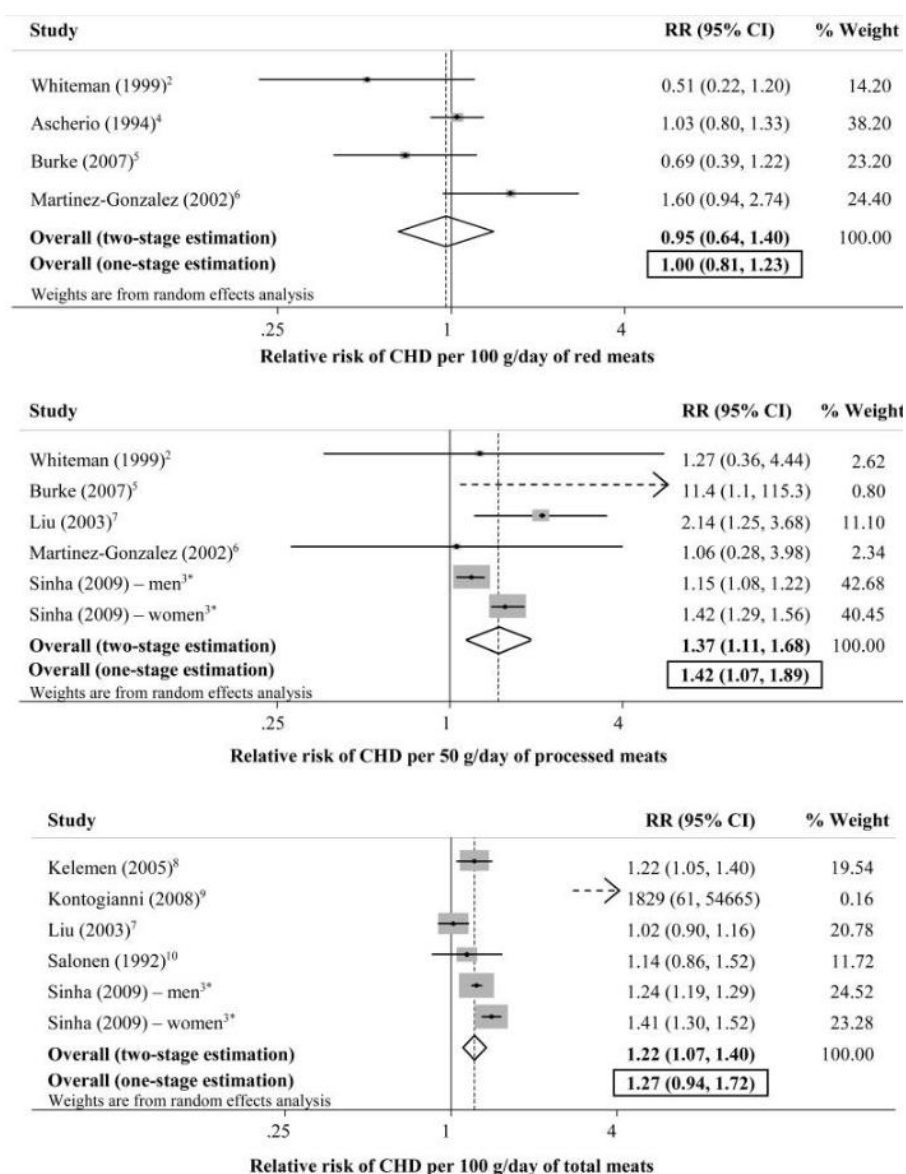


Figura 13. Riesgo relativo de enfermedad coronaria asociado al consumo diario de carne roja (imagen superior; 3 estudios de cohorte y 1 estudio de caso-control, 56,311 participantes y 769 casos), carne procesada (imagen del medio; 4 estudios de cohorte y 1 caso-control, 614,062 participantes y 21,308 casos) y carne total (imagen inferior; 4 estudios de cohorte y 1 caso-control, 635,558 participantes y 22,562 eventos). *Se evaluó únicamente la mortalidad cardiovascular total (enfermedad coronaria + accidente cerebrovascular).

El consumo de carne roja no se asoció con las enfermedades coronarias (RR = 1,00 por porción/día, IC 95 % = 0,81–1,23), sin embargo, a la ingesta de carne procesada se le asignó un 42% más de riesgo (RR=1,42, IC 95%=1,07–1,89). Es cierto que, en este estudio, se vuelve a mencionar la realidad de que no solo la ingesta de carne está relacionada con el desarrollo de

estas enfermedades, sino que también participan otros factores de riesgo. De hecho, la mayoría de las investigaciones coinciden en que un mayor consumo de carne roja y procesada tiende a estar asociado con el tabaquismo, un mayor IMC, mayor aporte de energía total, grasa total, colesterol, menos actividad física, entre otros (Micha *et al.*, 2010).

Existe la creencia de que el consumo de carne de cerdo puede aumentar el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares debido a su contenido en grasa, en particular por su composición en ácidos grasos. Sin embargo, la evidencia de algunos ensayos clínicos, como se destaca en la figura 14, sugiere lo contrario. Diversos estudios han demostrado que la incorporación de carne de cerdo en la dieta puede mejorar los perfiles de lípidos en sangre, incluyendo la reducción del colesterol total y colesterol LDL (colesterol “malo” de baja densidad) y el aumento al del colesterol HDL (colesterol de alta densidad) (Vicente y Pereira, 2024).

Reference	Study Features	Result Summary
Davidson et al. [50]	191 men and women LDL 130–190 mg/dL Experimental group was instructed to consume 170 g (6 oz) of meat. 5 to 7 days per week for 36 weeks At least 80% in the form of lean beef, veal, or pork	There were no significant differences in the results produced by the intervention diets in low-density lipoprotein cholesterol and elevations in high-density lipoprotein cholesterol levels
Rubio et al. [51]	44 healthy individuals 6 weeks with 5 weeks for washout Double crossover Veal vs. pork meat (150 g/day)	Lean pork and veal produce similar effects on the lipid profiles of healthy subjects
Hunninghake et al. [53]	N = 145 men and women Hypercholesterolemia 2 × 36 w with 4-week washout phase 170 g red meat/day vs. white	The diet including pork meat was similarly effective for reducing LDL cholesterol and elevating HDL cholesterol concentrations
Stewart et al. [54]	20 adult women Standard pork and lard or the modified pork and lard PUFA enriched pork meat Crossover	The decreases in plasma total cholesterol, LDL cholesterol and SFA contents were most likely a response to the decreased dietary intake of SFAs
O' Connor et al. [55]	41 subjects 2 × 5 weeks MedDiet, one of 2 versions: MedRed vs. MedControl 500 g vs. 200 g red meat/week 4 weeks washout between	Total cholesterol decreased, greater reductions occurred with MedRed than with MedControl
Wade et al. [56]	31 Adults 45–80 years old A 24-week parallel crossover design trial MD intervention with 2–3 weekly servings of pork (MedPork) with an LF control intervention	No significant differences were observed
Montoro-Garcia et al. [57]	54 volunteers with stage 1 prehypertension and/or hypercholesterolemia and/or basal glucose >100 mg/dL 80 g cured ham with added bioactive compounds 2 × 4 weeks with a 2 week washout	Total cholesterol levels also decreased significantly after dry-cured ham intake

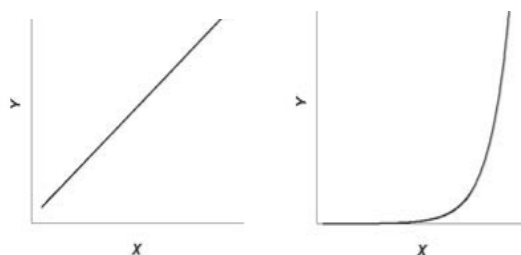
Figura 14. Diferentes estudios que relacionan el consumo de carne roja con la mejora de los perfiles lípidos en sangre (Vicente y Pereira, 2024).

Por ejemplo, Davidson *et al.* (1999) observaron que una alimentación durante 36 semanas con cortes magros de carne roja, incluida la carne de cerdo, tuvo un impacto beneficioso en los perfiles de lípidos séricos. De manera similar, Rubio *et al.* (2006) demostraron que el consumo de carne magra de cerdo o ternera dio como resultado mejoras similares en los perfiles de lípidos entre sujetos sanos. Estos hallazgos sugieren que tanto la carne magra de cerdo como la de ternera pueden formar parte de las pautas dietéticas destinadas a controlar la ingesta de grasas saturadas y colesterol.

Discusión

Varios aspectos metodológicos son dignos de mención en la interpretación de los resultados de esta revisión. En primer lugar, la mayor parte de los estudios considerados, utilizan un FFOQ (cuestionario de frecuencia alimentaria) para evaluar el consumo de carne. Este es un instrumento práctico pero propenso a error de medición, ya sea por error aleatorio, por consumo de pequeñas cantidades de carne, o al sesgo sistemático. En segundo lugar, se aprecia en líneas generales, una falta de categorización de la carne, ya que hay artículos que incluyen la carne procesada dentro de la carne roja, que clasifican la de cordero en este mismo grupo, otros en los que no se hace distinción, algunos que consideran las carnes blancas y pescado o introdujeron platos ya preparados. Por lo tanto, en estas circunstancias, se hace complicado emitir recomendaciones nutricionales. Además, los estudios han sido llevados a cabo en diferentes poblaciones, en su mayoría americanas, la cual tiene un patrón de ingesta de carne mayor que los países europeos. Este hecho supone una dificultad manifiesta a la hora de generalizar los resultados obtenidos, ya que los hábitos dietéticos y conductas tanto saludables como insalubres pueden variar entre diferentes culturas. Lamentablemente no se hallaron estudios realizados en la población española.

Por otro lado, existe el pensamiento de que la correlación entre el consumo de carne y el desarrollo de patologías es lineal, pero esta idea es errónea. En representación gráfica, dicha correlación podría equipararse más bien a la figura de la derecha:



Theophrastus von Hohenheim (Paracelso), quien vivió en el siglo XVI, compartió una afirmación fundamental para la toxicología: *sola dosis facit venenum*. Esta se traduce como “solo la dosis hace el veneno” y se puede aplicar perfectamente a este debate, ya que una dieta saludable no se basa en evitar ciertos alimentos, sino en consumirlos en cantidades apropiadas sin incurrir en los riesgos asociados a una ingesta excesiva.

La carne sigue siendo un alimento de alto valor nutricional, y las recomendaciones de salud pública no abogan por su eliminación de la dieta, sino por un consumo moderado, reconociendo el papel esencial que juega en la nutrición humana. Ingerir carne en cantidades moderadas y no como el componente principal de todas las comidas es fundamental, e incluir una variedad de fuentes de proteínas en la dieta, como pescado, pollo, legumbres y productos lácteos, ayuda a

equilibrarla. El enfoque debe estar centrado en mantener un estilo de vida saludable en general, incluyendo, por supuesto, la carne en nuestra dieta.

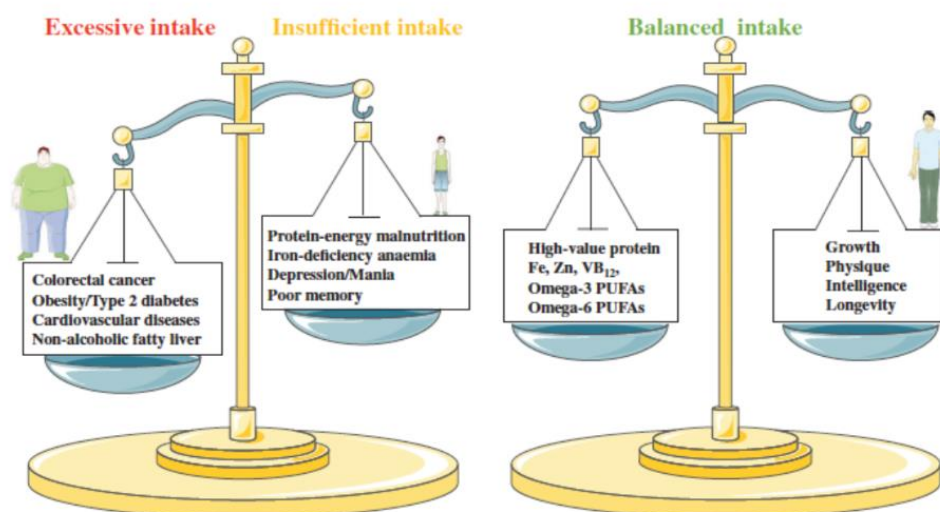


Figura 15. Ilustración sobre el consumo de carne (Yunting Xie *et al.*, 2022).

Sin la inclusión de carne, los vegetarianos podrían recurrir a mayores cantidades de carbohidratos refinados, alimentos procesados y snacks altos en calorías para sentirse satisfechos, lo que puede redundar en un consumo calórico excesivo, y, si a esto se añade la deficiencia de proteínas completas y grasas saludables, paradójicamente, puede llevar a un aumento de peso de forma poco saludable (obesidad), debido a que la carne, al tener un efecto saciante mayor, suele ayudar a controlar el apetito de manera más efectiva.

Además, los procedimientos y productos/aditivos usados para transformar la carne tienen muchos efectos positivos como prevenir toxiinfecciones y la alteración de la carne, desarrollar sabores y texturas, facilitar el almacenamiento y transporte de los productos y mejorar su valor económico. Es importante señalar que deben realizarse siguiendo unas normas de seguridad para confirmar que los productos finales sean inocuos y no utilizarse indebidamente ya que, en ese caso, sí podrían provocar efectos adversos.

5.5. Cuestionando la clasificación de la IARC y la consecuente tendencia hacia las dietas vegetarianas

La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC), una agencia especializada de la Organización Mundial de la Salud (OMS), utiliza el sistema de clasificación de carcinogenicidad para evaluar y categorizar el potencial carcinogénico de diferentes agentes. Esta clasificación se basa en la revisión de la literatura científica disponible y está dividida en varios grupos según el nivel de evidencia. A continuación, se describen detalladamente estos grupos.

- **Grupo 1:** carcinógeno para los humanos.

Incluye agentes para los cuales hay suficiente evidencia de carcinogenicidad en humanos, es decir, existe evidencia convincente de que el agente causa cáncer en humanos. La evidencia puede provenir de estudios epidemiológicos que muestran una relación causal clara entre la exposición al agente y la incidencia de cáncer. En este grupo se incluyen la carne procesada y el plutonio.

- **Grupo 2A:** probablemente carcinógeno para humanos.

Se utiliza para agentes para los cuales hay evidencia limitada de carcinogenicidad en humanos y suficiente evidencia de carcinogenicidad en animales de experimentación. "Evidencia limitada" significa que hay estudios que sugieren una asociación causal, pero no son concluyentes debido a la falta de datos consistentes o a la influencia de factores de confusión. En este, incluyen la carne roja.

- **Grupo 2B:** posiblemente carcinógeno para humanos.

Incluye agentes para los cuales hay evidencia limitada de carcinogenicidad en humanos y menos que suficiente en animales de experimentación, o evidencia inadecuada en humanos, pero suficiente en animales.

- **Grupo 3:** no clasificable en cuanto a su carcinogenicidad para humanos.

la evidencia de carcinogenicidad es inadecuada en humanos y animales de experimentación, o cuando la evidencia está disponible solo en estudios experimentales.

- **Grupo 4:** probablemente no carcinógeno para humanos.

Es el grupo menos común y se usa cuando hay evidencia que sugiere que un agente no es carcinogénico para humanos. La evidencia puede incluir estudios epidemiológicos y experimentales que no muestran una asociación con el cáncer.

Es crucial entender que esto no implica que la carne y el plutonio sean igualmente peligrosos, porque la OMS se basa en la fuerza de la evidencia científica que muestra una asociación con el cáncer, no en la magnitud del riesgo. El plutonio es extremadamente tóxico y presenta un riesgo alto de cáncer incluso en pequeñas cantidades, mientras que el consumo de carne presenta un riesgo significativamente menor. Esta clasificación ha tenido un impacto significativo en la percepción pública de la carne, llevando a muchas personas a adoptar dietas vegetarianas con la esperanza de reducir su riesgo de cáncer. Sin embargo, es importante contextualizar esta clasificación. La IARC basó su categorización en la evidencia de que el consumo de carne procesada está asociado con un aumento del riesgo relativo de cáncer colorrectal. Sin embargo, el riesgo absoluto para un individuo sigue siendo relativamente bajo. Es decir, aunque el

consumo de carne procesada puede aumentar el riesgo, este aumento puede no ser significativo en términos absolutos para la mayoría de las personas (Demeyer *et al.*, 2016). El cáncer es una enfermedad multicausal influenciada por una variedad de factores, incluyendo la genética, el estilo de vida (como el tabaquismo y el consumo de alcohol), y otros aspectos de la dieta. Enfocar exclusivamente el consumo de carne sin considerar otros factores puede llevar a una visión distorsionada del riesgo (Chan *et al.*, 2011).

Las dietas vegetarianas, especialmente las veganas, pueden llevar a deficiencias de ciertos nutrientes que se encuentran en altas cantidades en los productos de origen animal. Entre las carencias nutricionales más preocupantes se encuentran:

- Vitamina B12: es crucial para la función neurológica y la formación de glóbulos rojos. Se encuentra casi exclusivamente en productos de origen animal, y su deficiencia puede llevar a anemia y problemas neurológicos (Allen, 2009).
- Hierro: a pesar de que está presente en alimentos vegetales, la forma no hemo del hierro en las plantas es menos biodisponible que el hierro hemo en la carne. La deficiencia o carencia de este último puede aumentar el riesgo de anemia ferropénica, especialmente en mujeres (Craig, 2009), algo mucho más preocupante que el supuesto daño oxidativo que puede producirse por su consumo excesivo.
- Ácidos grasos omega-3: las dietas vegetarianas pueden ser bajas en estos y son esenciales para la salud cardiovascular y cerebral (Rosell, 2005).
- Proteína: aunque es posible obtener proteínas a través de fuentes vegetales, estas a menudo carecen de uno o más aminoácidos esenciales y pueden ser menos eficientes para el mantenimiento y desarrollo muscular (Philips, 2012).
- Zinc: es un mineral necesario para la función inmune, la síntesis de proteínas, la cicatrización de heridas y la división celular.
- Colina: se trata de un nutriente vital para el desarrollo del cerebro y la función hepática, y ayuda a mantener la estructura de las membranas celulares.

Además, este tipo de dietas requieren una planificación cuidadosa para asegurar que todos los nutrientes esenciales se consuman en cantidades adecuadas. Esto puede ser complicado y demandar mucho tiempo, lo que no siempre es práctico para todas las personas (Melina y Levin, 2016). Y, por otro lado, algunas personas pueden experimentar problemas digestivos con dietas vegetarianas debido al alto contenido de fibra y antinutrientes (como fitatos y oxalatos) presentes en los vegetales. Estos compuestos pueden interferir con la absorción de minerales esenciales como el calcio, el hierro y el zinc (Weaver y Plawecki, 1994).

Es cierto que las dietas vegetarianas pueden ofrecer algunos beneficios, como una mayor ingesta de fibra y antioxidantes, pero también presentan desafíos significativos en términos de lograr un equilibrio nutricional adecuado, mientras que la incorporación moderada de carne a la dieta proporciona muchas más ventajas como el desarrollo cognitivo, especialmente en niños, el mantenimiento y aumento de la masa muscular y la capacidad de promover la saciedad para controlar el peso.

La carne ha sido desde hace mucho tiempo y sigue siendo una fuente primaria de nutrición. La teoría de que puede ser reemplazada por legumbres y suplementos es mera especulación. Si bien las dietas en las que se incluye la carne han demostrado ser exitosas a lo largo de la larga historia de nuestra especie, los beneficios de las dietas vegetarianas están lejos de establecerse, y sus peligros han sido ampliamente ignorados por aquellos que adoptan una postura ideológica firme que puede no estar respaldada por una evidencia científica sólida. Esto puede llevar a recomendaciones prematuras o exageradas que no reflejan necesariamente el estado actual de la investigación nutricional (Leroy y Cofnas, 2020). Sus defensores argumentan que las dietas vegetarianas son más sostenibles desde el punto de vista ambiental, pero esto depende de varios factores, y no necesariamente todas las formas de agricultura vegetal son más sostenibles que la ganadería bien gestionada. Es importante abordar críticamente cualquier ideología que pueda influir en decisiones dietéticas, especialmente en lo que respecta a su impacto en la salud mental y emocional de las personas (Dobersek *et al.*, 2021).

Las ideas políticas y los valores sociales pueden tener influencia significativa en la difusión de publicaciones científicas, como es el caso de las que critican el consumo de carne (entre ellas las que la clasifican como carcinógena), y, de la misma manera que tienden a alinearse con el pensamiento político de salud pública que promueve dietas más saludables y sostenibles, se les da mayor visibilidad y aceptación. Esto lo vemos reflejado en el caso del trabajo de Lancet Oncology en 2015 con 1265 citas, frente a otros tres artículos menos citados y difundidos donde se cuestiona el valor nutricional de las dietas vegetarianas (Dobersek *et al.*, 2021; Cofnas, 2019; Leroy y Cofnas, 2020). A pesar de aportar hallazgos válidos, pueden recibir menos atención debido a percepciones de conflicto de intereses (muchos industriales) e ideas políticas que no favorecen al consumo de carne. El gran problema reside en la falsa creencia de algunas personas, provocada en gran medida por esta difusión, de que al adoptar una dieta vegetariana, automáticamente esta será saludable, sin prestar atención al valor nutricional de los alimentos que consumen.

6. Conclusiones

A lo largo de este trabajo se ha revisado la controversia existente sobre los efectos positivos y negativos de la carne, compilando información actualizada sobre la relación entre su consumo y diferentes afecciones, como el cáncer colorrectal, la diabetes tipo II y problemas cardiovasculares.

- A pesar de algunas opiniones peyorativas, incluso extremistas, como la clasificación de la IARC en la que la OMS incluye la carne procesada en el mismo grupo que el plutonio, los estudios analizados no respaldan la evidencia de que la relación entre el consumo de carne y el desarrollo de las patologías mencionadas sea necesariamente causal, incluso cuando los niveles de ingesta sean relativamente altos.
- Este estudio defiende la realidad de que la carne sigue siendo un alimento de alto valor nutricional, ya que aporta muchos nutrientes esenciales que son difíciles de obtener a través de fuentes vegetales, y clarifica malentendidos comunes sobre su consumo y sus riesgos para la salud. Las recomendaciones de salud pública no abogan por su eliminación completa de la dieta, sino por un consumo moderado, reconociendo el papel fundamental que juega en la nutrición humana.
- El consumo de carne no es en sí mismo perjudicial, sino que su ingesta controlada debe formar parte de la dieta habitual para que esta sea saludable. No existen alimentos sanos o insanos sino dietas equilibradas o descompensadas.

Conclusions

Throughout this work, the existing controversy over the positive and negative effects of meat has been reviewed, compiling updated information on the relationship between its consumption and various conditions, such as colorectal cancer, type II diabetes, and cardiovascular problems.

- Despite some derogatory, even extremist opinions, such as the IARC classification where the WHO includes processed meat in the same group as plutonium, the studies analyzed do not support the evidence that the relationship between meat consumption and the development of the mentioned pathologies is necessarily causal, even when intake levels are relatively high.
- This study supports the reality that meat keeps on being a food with a high nutritional value, as it provides many essential nutrients that are difficult to obtain through plant sources, and it clarifies common misunderstandings about its consumption and health risks. Public health recommendations do not advocate for its complete elimination from

the diet but rather by a moderate consumption, recognizing the fundamental role it plays in human nutrition.

- Meat consumption is not inherently harmful; rather, its controlled intake should be part of a regular diet to maintain health. There are no healthy or unhealthy foods, but rather balanced or unbalanced diets.

7. Valoración personal

En este trabajo no se ha hecho sino esbozar el planteamiento fundamental de un tema mucho más complejo e interesante. En la controversia existente sobre la relación entre el consumo de carne y el desarrollo de diferentes enfermedades actúan otros factores cuya exposición requeriría un análisis más detallado y extenso. Se trata de cuestiones complicadas en cuyo origen pueden tener que ver influencias de índole social y política, en las que los medios de comunicación tienen un poder significativo, contribuyendo a la formación de opiniones y comportamientos en la sociedad. En particular, el consumo de carne ha sido influenciado de manera notable por las campañas de marketing, publicidad, programas de cocina, artículos y reportajes, documentales y programas informativos.

Algo que sí que es evidente, más que el perjuicio que puede ocasionar el consumo excesivo de carne, es que su eliminación de la dieta ocasiona muchos problemas de salud, en general relativos a estados de malnutrición.

La opción más saludable pasa por una ingesta planificada y balanceada, atendiendo no solo a la cantidad de carne incluida en la dieta sino también a su tratamiento industrial y doméstico, especialmente en relación a las enfermedades analizadas, asumiendo que se trata de patologías multicausales, en cuyo origen tienen que ver factores genéticos, malos hábitos y otros aspectos dietéticos.

8. Bibliografía (provisional)

- Allen, L. H. (2009). How common is vitamin B-12 deficiency? The American Journal of Clinical Nutrition, 89(2), 693S-696S.
- Álvarez Piñeiro, M. E., Punín Crespo, M. O., & Lage Yusty, M. A. (2001). Determinación de ácidos grasos en carne de cerdo. Alimentaria: Revista de tecnología e higiene de los alimentos, 327, 41-45.
- American Diabetes Association. (2022). Standards of Medical Care in Diabetes—2022. Diabetes Care, 45(Supplement_1), S1–S204.

- Bastide, N. M., Chenni, F., Audebert, M., Santarelli, R. L., Taché, S., Naud, N., ... & Pierre, F. H. (2015). A central role for heme iron in colon carcinogenesis associated with red meat intake. *Cancer Research*, 75(5), 870-879.
- Bonanone, A.M. and Grundy, S.M. 1988. Effect of dietary stearic acid on plasma cholesterol and lipoprotein levels, *Nutritional England Journal of Medicine*, 318:1244-124.
- Bouvard V, Loomis D, Guyton KZ, Grosse Y, Ghissassi FE, Benbrahim-Tallaa L, et al. Carcinogenicity of consumption of red and processed meat. *Lancet Oncol* 2015; 16 (16): 1599-600.
- Bryan, N. S., Alexander, D. D., Coughlin, J. R., Milkowski, A. L., & Boffetta, P. (2017). Ingested nitrate and nitrite and stomach cancer risk: An updated review. *Food and Chemical Toxicology*, 100, 1-10.
- Burgos, C., Moreno, C., Carrodegua, J. A., Barcelona, J. A., Tarrafeta, L., López, P., The influence of diet, sex, IGF2 and RYR1 genotypes and anatomical location on pork loin composition, *Journal of Food Composition and Analysis*, Volume 23, Issue 4, 2010, Pages 307-313, ISSN 0889-1575.
- Calva M, Acevedo M. Revisión y actualización general en cáncer colorrectal. *Ana Rad Méx.* 2009; 1 (1): p.99-115.
- Cánovas *et al.* (2023). Consumo de carne y sostenibilidad: actitudes de los jóvenes en España. *Revista Internacional de Humanidades*, ISSN-e 2695-9623, Vol. 19, Nº. 3.
- Celada, P. & Sánchez-Múniz, F.J. (2016) Are meat and meat product consumptions harmful? Their relationship with the risk of colorectal cancer and other degenerative diseases. An article in *Anales de la Real Academia Nacional de Farmacia*. ISSN (Online) 1697-4298.
- Chan, D. S., Lau, R., Aune, D., Vieira, R., Greenwood, D. C., Kampman, E., & Norat, T. (2011). Red and processed meat and colorectal cancer incidence: meta-analysis of prospective studies. *PLoS One*, 6(6), e20456.
- Código Alimentario Español. Capítulos X-XI. Colección textos legales. Boletín Oficial del Estado. Madrid, 1995.
- Craig, W. J. (2009). Health effects of vegan diets. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 89(5), 1627S-1633S.
- Cross AJ, Ferrucci LM, Risch A, et al. A Large Prospective Study of Meat Consumption and Colorectal Cancer Risk: An Investigation of Potential Mechanisms Underlying this Association. *Cancer Res.* 2010 Mar 15; 70(6):2406-14.
- Cross, A. J., Ferrucci, L. M., Risch, A., Graubard, B. I., Ward, M. H., Park, Y., ... & Sinha, R. (2010). A large prospective study of meat consumption and colorectal cancer risk: an

investigation of potential mechanisms underlying this association. *Cancer Research*, 70(6), 2406-2414.

- Davidson, MH; Hunninghake, D.; Maki, KC; Kwiterovich, PO; Kafonek, S. Comparación de los efectos de la carne roja magra frente a la carne blanca magra sobre los niveles de lípidos séricos entre personas que viven libremente con hipercolesterolemia: un ensayo clínico aleatorizado a largo plazo. *Arco. Interno. Medicina*. 1999, 159, 1331.
- de Castro Cardoso Pereira, P. M., dos Reis Baltazar Vicente, A. F., Meat nutritional composition and nutritive role in the human diet, *Meat Science*, Volume 93, Issue 3, 2013, Pages 586-592, ISSN 0309-1740.
- De Stefani E, Boffetta P, Ronco AL, et al. Processed meat consumption and risk of cancer: a multisite case-control study in Uruguay. *Br J Cancer*. 2012 Oct 23; 107(9):1584-8.
- Demeyer, D., Mertens, B., De Smet, S., & Ulens, M. (2016). Mechanisms linking colorectal cancer to the consumption of (processed) red meat: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(16), 2747-2766.
- Desmond, E. (2006). "Reducing salt: A challenge for the meat industry." *Meat Science*, 74(1), 188-196.
- Doyle, M.E., & Glass, K.A. (2010). "Sodium reduction and its effect on food safety, food quality, and human health." *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9(1), 44-56.
- Fan, H., Xia, S., Xiang, J. et al. (2023). Trans-vaccenic acid reprograms CD8+ T cells and anti-tumour immunity. *Nature*, 623, 1034–1043.
- Farré-Rovira, R. & Frasquet-Pons, I. Carnes y embutidos In: *Guías alimentarias para la población española. Recomendaciones para una dieta saludable*. Madrid: Sociedad Española de Nutrición Comunitaria. IM&C, S.A 2001; pp. 19-28.
- Ferrucci LM, Sinha R, Huang WY, et al. Meat consumption and the risk of incident distal colon and rectal adenoma. *Br J Cancer*. 2012 Jan 31; 106(3):608-16.
- Forouhi, N. G., et al. (2013). The association between meat consumption and the incidence of type II diabetes in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC)-InterAct study. *Diabetologia*, 56(1), 47-59.
- Frédéric Leroy & Nathan Cofnas (2020) Should dietary guidelines recommend low red meat intake?, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60:16, 2763-2772.
- Fu Z, Shrubsole MJ, Smalley WE, et al. Association of meat intake and meat-derived mutagen exposure with the risk of colorectal polyps by histologic type. *Cancer Prev Res (Phila)*. 2011 Oct; 4(10):1686-97.

- Gajardo D, Torres J, Diaz C. Factores asociados al estilo de vida en pacientes diagnosticados con cáncer colorrectal en un hospital de Chile. *Pers Nut Hum*. 2018; 20(1): p.39-48.
- Guillen, M.D., & Sopelana, P. (2004). "Polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked and grilled meats. Levels and effects." *Journal of Chromatography A*, 1054(1-2), 193-204. DOI: 10.1016/j.chroma.2004.05.017.
- Halagarda, M., & Wójciak, K. M. (2022). Health and safety aspects of traditional European meat products. A review. *Meat science*, 184, 108623.
- He, F. J., & MacGregor, G. A. (2011). Reducing population salt intake worldwide: From evidence to implementation. *Progress in Cardiovascular Diseases*, 52(5), 363-382.
- He, F.J., & MacGregor, G.A. (2009). "A comprehensive review on salt and health and current experience of worldwide salt reduction programmes." *Journal of Human Hypertension*, 23, 363-384.
- Honikel, K.O. (2008). "The use and control of nitrate and nitrite for the processing of meat products." *Meat Science*, 78(1-2), 68-76.
- Horcada Ibáñez, A. L., & Polvillo Polo, O. (2010). Conceptos básicos sobre la carne. *La Producción de carne en Andalucía*.
- International Diabetes Federation. (2019). *IDF Diabetes Atlas*, 9th ed. Brussels, Belgium: International Diabetes Federation.
- Kahn, S. E., & Cooper, M. E. (2019). Del Principio Básico a la Terapia Avanzada: Un camino hacia la curación para la diabetes tipo II. *Circulation Research*, 124(1), 161-177.
- Kim, Y., & Je, Y. (2014). Dietary heme iron intake, iron status, and risk of cancer: A meta-analysis of epidemiological studies. *Journal of Cancer Research and Clinical Oncology*, 140(10), 1787-1798.
- Klurfeld DM. Research gaps in evaluating the relationship of meat and health. *Meat Sci* 2015; 109:86-95.
- Knuppel A, Papier K, Fensom GK, Appleby PN, Schmidt JA, Tong TYN, et al. Meat intake and cancer risk: prospective analyses in UK Biobank. *Int J Epidemiol* 2020; 1-13.
- Krout, Carl J. Lavie & Edward Archer (2021) Meat and mental health: a systematic review of meat abstention and depression, anxiety, and related phenomena, *Critical Reviews in Food and Nutrition*, 61:4, 622-635.
- Larsson SC, Wolk A. Meat consumption and risk of colorectal cancer: A meta-analysis of prospective studies. *Int J Cancer* 2006; 119: 2657-64.
- López-García, E., Schulze, M. B., Fung, T. T., Meigs, J. B., Rifai, N., Manson, J. E., ... & Hu, F. B. (2004). Major dietary patterns are related to plasma concentrations of markers of

inflammation and endothelial dysfunction. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 80(4), 1029-1035.

- Man, Y.B.C., & Moh, M.H. (2015). "Smoke Curing of Meat." *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 14(2), 147-168.
- Melina, V., Craig, W., & Levin, S. (2016). Position of the Academy of Nutrition and Dietetics: vegetarian diets. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 116(12), 1970-1980
- Micha, R., Michas, G., & Mozaffarian, D. (2012). Processing of meats and cardiovascular risk: Time to focus on preservatives and preparation methods. *Circulation*, 126(24), 3001-3003.
- Micha, R., Wallace, S. K., & Mozaffarian, D. (2010). Red and processed meat consumption and risk of incident coronary heart disease, stroke, and diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis. *Circulation*, 121(21), 2271-2283.
- Montonen, J., et al. (2005). Dietary patterns and the incidence of type II diabetes. *American Journal of Epidemiology*, 161(3), 219-227.
- Murkovic, M. (2004). "Formation of Heterocyclic Aromatic Amines in Model Systems and Cooked Foods." *Molecular Nutrition & Food Research*, 48(3), 208-218.
- Nathan Cofnas (2019) Is vegetarianism healthy for children?, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59:13, 2052-2060.
- Norat, T., Lukanova, A., Ferrari, P., & Riboli, E. (2002). Meat consumption and colorectal cancer risk: dose-response meta-analysis of epidemiological studies. *International Journal of Cancer*, 98(2), 241-256.
- Olmedilla-Alonso, B., Jiménez-Colmenero, F. & Sánchez-Múniz, FJ. Development and assessment of healthy properties of meat and meat products designed as functional foods. *Meat Science* 2013; 95: 919-30.
- Pariza, M., Park, W.Y. and Cook, M.E. 2001. The biologically active isomers of conjugated linoleic acid. *Progress in Lipid Research*, 40: 283-298.
- Parr CL, Hjartåker A, Lund E, et al. Meat intake, cooking methods and risk of proximal colon, distal colon and rectal cancer: The Norwegian Women and Cancer (NOWAC) cohort study. *Int J Cancer*. 2013 Sep 1; 133(5):1153-63.
- Pereira, P.M.C.C., Vicente, A. F. R. B. Meat nutritional composition and nutritive role in the human diet. *Meat Science* 2013.
- Phillips, S. M. (2012). Nutritional supplements in support of resistance exercise to counter age-related sarcopenia. *Advances in Nutrition*, 3(4), 511-521.

- Purcaro, G., Moret, S., & Conte, L. (2013). "Overview on polycyclic aromatic hydrocarbons: occurrence, toxicity, and analytical methodology." *Polycyclic Aromatic Compounds*, 33(3), 274-297.
- Rajpathak, S. N., et al. (2009). Iron intake and the risk of type II diabetes in women: A prospective cohort study. *Diabetes Care*, 32(9), 1691-1695.
- Romero A. Cáncer de colon y dieta. *Rev Col de Can*. 2015; 19 (4): p.191-192.
- Rosell, M. S., Lloyd-Wright, Z., Appleby, P. N., Sanders, T. A., Allen, N. E., & Key, T. J. (2005). Long-chain n-3 polyunsaturated fatty acids in plasma in British meat-eating, vegetarian, and vegan men. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 82(2), 327-334.
- Rubio, JA; Rubio, MA; Cabrerizo, L.; Burdaspal, P.; Carretero, R.; Gómez-Gerique, JA; Montoya, MT; Maestro, ML; Sanz, MT; Fernández, C. Efectos del consumo de carne de cerdo versus ternera sobre los lípidos séricos en sujetos sanos. *Nutrición. Hosp*. 2006, 21, 75–83.
- Shan, Z., et al. (2017). Red meat consumption and risk of type 2 diabetes: 3 cohorts of US adults and an updated meta-analysis. *American Journal of Clinical Nutrition*, 106(3), 813-820.
- Sindelar, J.J., & Milkowski, A.L. (2012). "Human safety controversies surrounding nitrate and nitrite in the diet." *Nitric Oxide*, 26(4), 177-188.
- Sinha, R., Kulldorff, M., Chow, W. H., Denobile, J., & Rothman, N. (2001). Dietary intake of heterocyclic amines, meat-derived mutagenic activity, and risk of colorectal adenoma. *Cancer Epidemiology and Prevention Biomarkers*, 10(5), 559-562.
- Tabatabaei SM, Fritschi L, Knuiman MW, et al. Meat consumption and cooking practices and the risk of colorectal cancer. *Eur J Clin Nutr*. 2011 Jun; 65(6):668-75.
- Urska Dobersek, Gabrielle Wy, Joshua Adkins, Sydney Altmeyer, Kaitlin Krout, Carl J. Lavie & Edward Archer (2021) Meat and mental health: a systematic review of meat abstention and depression, anxiety, and related phenomena, *Critical Reviews in Food, Science and Nutrition*, 61:4, 622-635.
- Valli, C., et al. (2019). Red and processed meat consumption and risk of all-cause mortality and cardiometabolic outcomes: a systematic review and meta-analysis of cohort studies. *BMJ*, 367, l6049.
- Vanegas Moreno, D. P., Ramírez López, L. X., Limas Solano, L. M., Pedraza Bernal, A. M., & Monroy Díaz, Á. L. (2020). Revisión: Factores asociados a cáncer colorrectal. *Revista Médica de Risaralda*, 26(1), 68-77.
- Vicente, F., & Pereira, P. C. (2024). Pork Meat Composition and Health: A Review of the Evidence. *Foods (Basel, Switzerland)*, 13(12), 1905.

- Weaver, C. M., & Plawecki, K. L. (1994). Dietary calcium: adequacy of a vegetarian diet. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 59(5), 1238S-1241S.
- Xie, Y., Ma, Y., Cai, L., Jiang, S., & Li, C. (2022). Reconsidering Meat Intake and Human Health: A Review of Current Research. *Molecular nutrition & food research*, 66(9), e2101066.
- Yepes, T.A. (2019). Consumo de carnes rojas y procesadas. La controversia está servida. *Perspectivas en nutrición humana. Escuela de Nutrición y Dietética de la Universidad de Antioquia*. Vol. 21, nº 2, ISSN 0124-4108.