

Carcinógenos en carnes rojas asociados al cáncer colorrectal

**Nadia Vianey Carrillo Reyes
Marisol Neri Sánchez**

La población mexicana se caracteriza por tener un patrón dietético occidentalizado, en el que el consumo de carnes rojas es una de las principales características y que, a su vez, puede ser un factor de riesgo para el desarrollo de enfermedades crónicas no transmisibles como el cáncer. Particularmente, el Fondo Mundial para la Investigación del Cáncer (WCRF, por sus siglas en inglés) ha declarado que comer carne roja puede aumentar el riesgo de desarrollar cáncer (*Meat and Cancer*, 2025), en especial cáncer colorrectal (CCR), que es la neoplasia de mayor frecuencia en vías digestivas y constituye del 9 al 10 % de todos los tipos de cáncer en el mundo. Afecta a hombres y mujeres entre 65 y 75 años, pero su incidencia aumenta drásticamente con la edad (Vanegas Moreno *et al.*, 2020).

En México, cada año se diagnostican cerca de 15 mil casos nuevos de este tipo de cáncer. Los factores de riesgo que pueden incrementar la posibilidad de padecer CCR incluyen la obesidad, la diabetes, el tabaquismo, antecedentes familiares de cáncer de colon, afecciones intestinales inflamatorias (colitis ulcerativa y enfermedad de Crohn), el sedentarismo y el consumo de dietas muy ricas en calorías y en grasas de origen animal (Instituto de Salud para el Bienestar [INSABI], 2023).

En relación con la dieta, se ha descrito que el consumo frecuente de carnes, a largo plazo, se relaciona con un

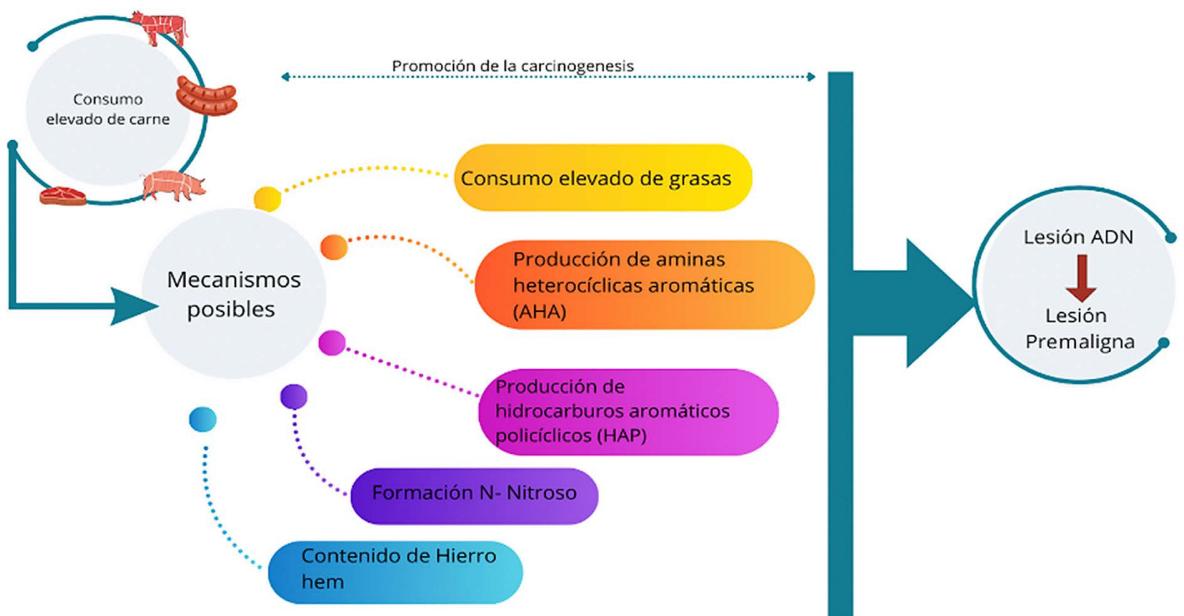


Figura 1. Mecanismos que relacionan el consumo de carne roja con el CCR.

mayor riesgo de CCR, especialmente de carnes rojas (res, cerdo, cordero), incluso con un efecto más fuerte que las carnes procesadas (embutidos) como salchichas, jamón, carne ahumada y enlatada (Vanegas Moreno *et al.*, 2020). En este sentido, en 2023 se registró en México un consumo de carne de res de 16.4 kg per cápita, el cual resultó mayor en 757 gramos al registrado en 2022. A nivel internacional, México fue la segunda nación que presentó el porcentaje de incremento más notable (Consejo Mexicano de la Carne, 2024).

De acuerdo con la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos en los Hogares (ENIGH) en 2022, las familias mexicanas tuvieron un gasto promedio de 2,801 pesos al trimestre atribuido a la compra de carnes, seguido de los cereales y otros alimentos diversos (Instituto Nacional de Estadística y Geografía e Informática, 2022).

Nutricionalmente, la carne roja es una buena fuente de proteínas, hierro, zinc y vitamina B12, por lo que puede formar parte de una dieta sana y equilibrada; sin embargo, no es necesario consumir este grupo de alimentos todos los días, debido a que existen algunos mecanismos que vinculan el consumo de carne con el cáncer colorrectal.

Los mecanismos posibles que relacionan el consumo elevado de carne con el desarrollo de CCR son complejos e incluyen la promoción de la carcinogénesis por el consumo elevado de grasas, la producción de aminas heterocíclicas aromáticas (AHA) e hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) durante la cocción, así como la formación de compuestos N-nitroso y la promoción de la carcinogénesis por el contenido de hierro hem de la carne (Zhou y Rifkin, 2021). Estos compuestos son agentes químicos (carcinógenos) que tienen la posibilidad de lesionar nuestro ADN mediante procesos consecutivos que conllevan a la aparición de lesiones premalignas (Figura 1).

El objetivo de este artículo es explorar estos mecanismos y establecer algunas recomendaciones para disminuir el consumo de carnes rojas en la población mexicana.

GRASAS

La gastronomía mexicana contiene platillos ricos en grasa. En la zona norte del país, por ejemplo, hay un elevado consumo de cortes de carne roja con alto contenido de grasa. Este componente de la dieta se ha asociado con el desarrollo del CCR; sin embargo, se debe considerar la preparación de

la carne y, en el animal, se toma en cuenta la raza y las condiciones de alimentación. Nutricionalmente, la carne se constituye por agua (65-80 %), proteína (22 %) y grasa (1-15 %). En menor proporción se encuentran sustancias nitrogenadas no proteicas como minerales (hierro y zinc), vitaminas (vitamina A, E, tiamina, niacina, piridoxina, cianocobalamina y biotina) e hidratos de carbono. Otro aspecto importante para considerar, respecto a la grasa como carcinógeno, es la cantidad y calidad de la grasa (animal o vegetal), así como el tipo de ácidos grasos (saturados, monoinaturados y poliinsaturados), pues se ha reportado que influyen durante las fases de promoción y post-iniciación, e incluso en la fase de iniciación en la formación tumoral, como puede ocurrir con las grasas saturadas (contenido en mayor proporción en la carne roja), las cuales son las que más influyen en el CCR (*Meat and Cancer, 2025*).

Un mecanismo para explicar el efecto promotor del CCR de una dieta con alto contenido en grasa (Figura 2) es que aumenta la excreción intestinal de ácidos biliares por parte de los ácidos grasos poliinsaturados de la serie n-6, que son metabolizados por la microbiota a ácido desoxicólico. Estos inducen la proliferación celular mediada por el incremento de la ornitina descarboxilasa epitelial, alterando la composición fosfolipídica de la membrana celular y la síntesis de prostaglandinas, generando una respuesta inflamatoria local (Zhou y Rifkin, 2021).

La evidencia actual muestra una correlación entre el consumo de grasa y el desarrollo de CCR, sin embargo; esta relación sigue siendo controvertida.

AMINAS HETEROCÍCLICAS AROMÁTICAS

Las aminas heterocíclicas aromáticas (AAH) son carcinógenos que se forman durante el proceso de cocción de la carne a elevadas temperaturas, desde

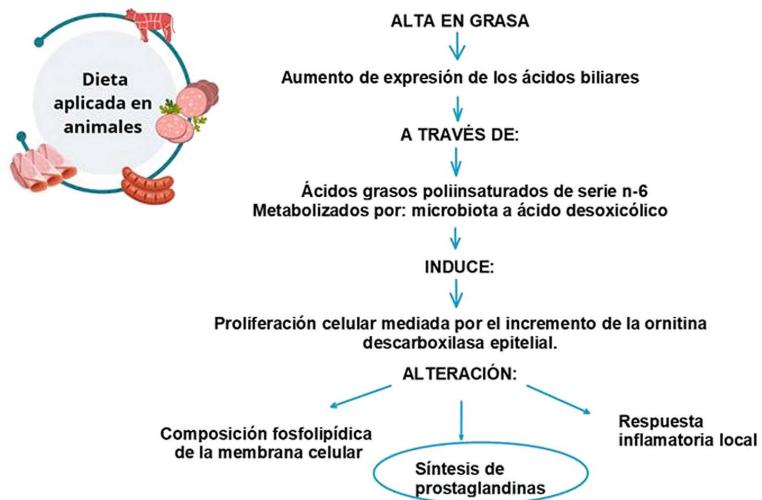


Figura 2. Mecanismo de la grasa como carcinógeno de las carnes rojas.

180° a 300°, especialmente al asar y freír la carne durante tiempos prolongados. Cuando la elevada temperatura reacciona con los aminoácidos y demás componentes de la carne, se genera un proceso de descomposición térmica de materiales orgánicos en ausencia de oxígeno, llamado pirólisis. Una vez ingerido el alimento, varias enzimas participan en la mediación de este proceso, siendo la más importante la enzima N-acetiltransferasa 2 (NAT2). Esta enzima activa las AAH y ayuda a formar aductos de ADN (Figura 3) que eventualmente dañan el ADN (Sivasubramanian *et al.*, 2023). De hecho, la exposición reiterada a estos carcinógenos por parte de las células que conforman el epitelio intestinal se considera uno de los mecanismos subyacentes a la relación causal entre el consumo de carne roja y el CCR.

HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS

Los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) son un conjunto de compuestos orgánicos que contienen dos o más anillos aromáticos, y su particularidad es la baja solubilidad en agua y su alta solubilidad en sustancias lipídicas. Se encuentran naturalmente en el medio ambiente debido al crecimiento industrial; sin embargo, la principal fuente de exposición es a través de la dieta. En México y en otros países

como Brasil y Argentina, es popular el uso del carbón para la cocción de las carnes rojas en mayor medida. Esto conlleva a un contacto directo de la carne o el goteo del jugo de la carne y su grasa con el fuego (alta temperatura), generándose humo negro, lo que da origen a los HAPs. Estos carcinógenos pueden contaminar la carne a través de la pirólisis (descomposición química por calor) directa de los nutrientes (hidratos de carbono, aminoácidos y ácidos grasos) de los alimentos y de su deposición a través del humo producido por la combustión incompleta de materia orgánica. Por lo tanto, las carnes ahumadas o asadas a la parrilla o al carbón contienen altas concentraciones de HAPs (Figura 4).

Una vez metabolizados los HAPs pueden convertirse en epóxidos de HAP-diol a través de enzimas metabólicas (N-acetiltransferasa y la sulfotransferasa) y pueden unirse al ADN, comprometiendo la integridad del ADN celular. Uno de los HAPs más peligrosos por su clasificación como carcinogénico es el benzopireno, el cual se ha asociado con un mayor riesgo de CCR (Cheng *et al.*, 2021).

HIERRO HEM Y COMPUESTOS N-NITROSOS

La epidemiología nutricional no ha asociado el consumo de carne blanca, procedente de aves y pescados con el riesgo de CCR y la única diferencia con la carne roja es el contenido de hierro hem, la forma más disponible del elemento, y que, este a

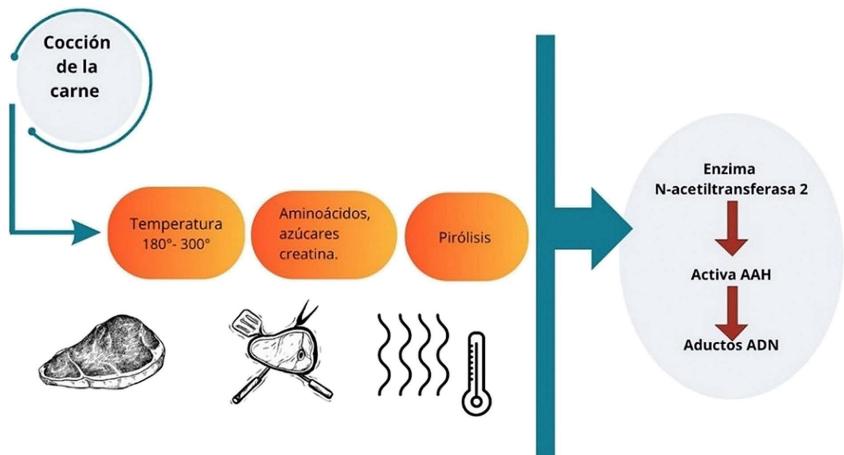


Figura 3. Mecanismo de las AAH como carcinógeno de las carnes rojas.

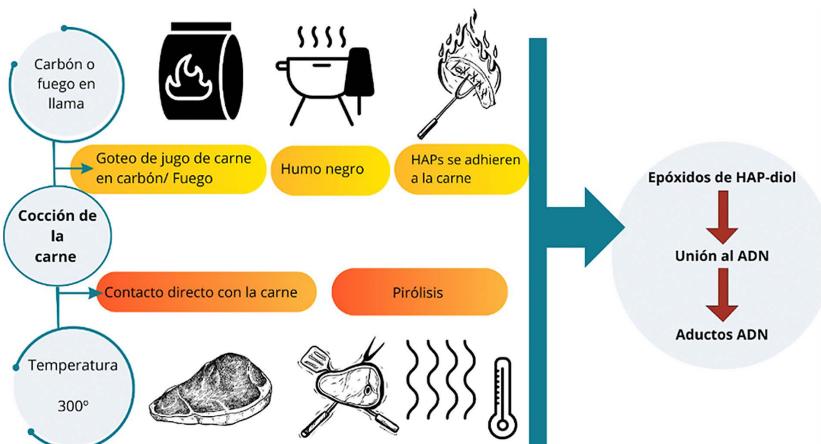


Figura 4. Mecanismo de las HAPs como carcinógeno de las carnes rojas.

su vez promovería la formación de los compuestos N-nitroso (NOCs). Son compuestos químicos inorgánicos derivados del nitrógeno (metabolitos nitrogenados) que se encuentran en cosméticos y cigarrillos, la principal fuente de ingestión es a través de la dieta, y se han asociado con el desarrollo de CCR. Los más conocidos son la nitrosamina y la nitrosamida. Los nitritos y las sales de nitrato son utilizados en las carnes procesadas con el objetivo de alargar su conservación; las sales, en especial, agudizan el sabor y equilibran el color de la carne (Londoño Pereira y Gómez Ramírez, 2021). Algunos alimentos que forman parte de esta categoría son el tocino, salchicha, jamón, pepperoni, chorizo, carne en conserva, etcétera.

Los NOCs se forman principalmente en el estómago y el intestino delgado a través de vías bacterianas, químicas e inflamatorias (Figura 5).

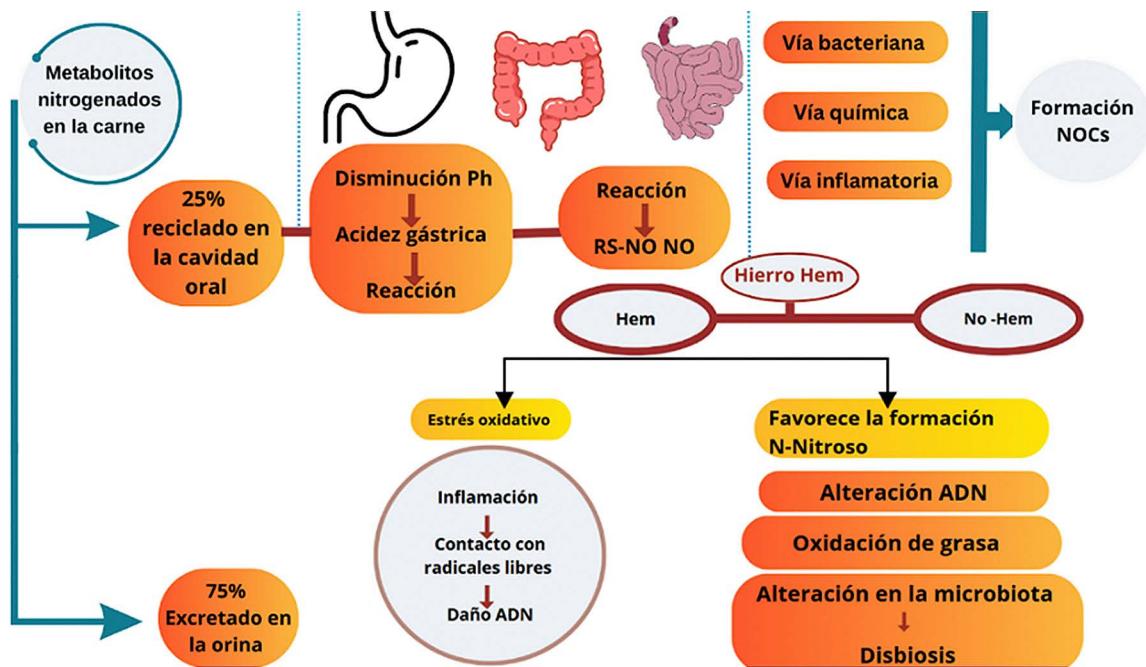


Figura 5. Mecanismo del hierro hem y los NOCs como carcinógenos de las carnes rojas.

Con respecto a la vía química, la mayor parte del nitrato y nitrito de la dieta se absorbe en el tracto gastrointestinal superior. De este, el 75 % es excretado vía urinaria y el 25 % se recicla por las glándulas salivales y se secreta en la cavidad oral. Enseguida, se reduce a nitrito por bacterias orales y se cataliza en otros compuestos relacionados con iones de nitrato (NO_3^-). Los niveles de nitrato en plasma aumentan considerablemente y permanecen elevados durante un periodo prolongado (5 a 6 horas). Algo similar ocurre con los niveles de nitrito que aumentan luego de la ingestión de nitrato (aproximadamente 90 minutos). La bioactivación de los nitritos que se lleva a cabo en el ambiente ácido gástrico representa la vía de biotransformación exógena conocida como vía entero-salival nitrato-nitrito-óxido nítrico, en la cual el nitrito, en presencia de protones, da lugar a la formación de ácido nitroso que se descompone para formar óxido nítrico (ON) y otros óxidos de nitrógeno. Esta conversión se ve reforzada por los polifenoles y otros agentes reductores (antioxidantes) como la vitamina C, presente en alimentos de origen vegetal, que puede ser beneficiosa en el mantenimiento de la integridad de la mucosa gástrica, impidiendo la conversión a nitrosaminas. Las nitrosaminas, requieren

de activación metabólica para formar monoalquilnitrosamina que, a su vez, reacciona como un electrófilo, generando una alquilación de bases de ADN, específicamente del alquilo guanina O6, timidina O4 y el O2 que dan lugar a errores de emparejamiento del ADN (Londoño Pereira y Gómez Ramírez, 2021).

Por otro lado, dentro de la vía bacteriana, es sumamente complejo identificar una cepa bacteriana de la microbiota intestinal, responsable de la formación de NOCs; sin embargo, posiblemente los anaerobios facultativos estén relacionados. Por otro lado, se ha descrito una alteración de la composición microbiana intestinal, ya que en sujetos con ingestiones elevadas de carnes rojas se han encontrado cepas tolerantes a la bilis como *Bacteroides* y disminución de *Firmicutes*. Este desequilibrio podría constituir un ambiente óptimo para el desarrollo del CCR (Kobayashi, 2018).

Referente a la vía inflamatoria, se ha visto que, en pacientes con Enfermedad Inflamatoria Intestinal como la colitis ulcerativa, existe una disbiosis intestinal en el colon, en donde se disminuyen considerablemente el filo de bacterias *Proteobacterias* y

| Alimento | ADULTOS | | ADOLESCENTES | | ESCOLARES | |
|---------------------------|---------|---------|--------------|---------|-----------|---------|
| | Hombres | Mujeres | Hombres | Mujeres | Hombres | Mujeres |
| Carne de res | 3 a 4 | 3 a 4 | 3 a 4 | 3 a 4 | 3 | 3 |
| Otras carnes rojas | 3 a 4 | 2 a 3 | 3 a 4 | 2 a 3 | 2 a 3 | 2 a 3 |

Tabla 1. Número de porciones de carne de res y otras carnes rojas recomendadas a la semana en población mexicana. Fuente: elaboración propia.

Firmicutes (benéficas) y se observan proliferaciones masivas de *Salmonella* y *Escherichia coli* (patógenas). Esta disbiosis intestinal altera el microambiente luminal y promueve la formación de NOCs, además de contribuir a la alteración en la señalización de óxido nítrico, que es el responsable de promover una mayor inflamación y posteriormente el desarrollo del cáncer (Kobayashi, 2018).

RECOMENDACIONES PARA DISMINUIR EL CONSUMO DE CARNES ROJAS Y CARNES ROJAS PROCESADAS

El Fondo Mundial para la Investigación del Cáncer recomienda, por un lado, consumir 3 porciones a la semana de carnes rojas (res, ternera, cerdo, cordero, cabra), esto es entre 350 g a 500 g, y de preferencia cortes de carne magros en lugar de cortes grados. Por otro lado, recomienda consumir poco o tener nulo consumo de carne procesada (tocino, jamón, salchicha, chorizo, pepperoni, cecina de res, etcétera).

En México, las nuevas guías alimentarias saludables y sostenibles establecen que disminuir el consumo de carne de res y carnes procesadas protege contra el CCR. Las recomendaciones de porciones sugeridas para este grupo de alimentos por sexo y grupo de edad se presentan en la Tabla 1.

Algunos ejemplos de porciones se encuentran en: 30 g de carne de res o molida de res, 25 g de pechuga de pollo, ½ bistec de res, 25 g de pechuga de pollo aplanada, ¼ pieza tampiqueña (res), 50 g de barbacoa, ½ chuleta de cerdo, 30 g de charales, 11 g de carne seca, ¼ pierna de pollo, 40 g de filete de pescado, 40 g de carne de cerdo, 1/5 taza de atún o un huevo. Además, para aquellas personas que consumen

carnes rojas de forma cotidiana o frecuente, se recomienda ir disminuyendo poco a poco su consumo hasta alcanzar las 2 veces por semana o menos. Por otro lado, en el plato del bien comer se establece un porcentaje del 8 % para este grupo de las carnes, así como evitar alimentos ultraprocesados como embutidos. En su lugar, se debe consumir más frijoles, lentejas, huevo, pollo y pescado, así como más verduras y frutas. Existen preparaciones que pueden cambiar la carne roja por alimentos de origen vegetal; por ejemplo, en una hamburguesa, la carne de res se puede sustituir por soya combinada con zanahoria y sazonada con huevo y especias, lo cual puede constituir un platillo más saludable.

CONCLUSIÓN

En las últimas décadas, las carnes rojas y las carnes rojas procesadas se han convertido en uno de los elementos principales de los platillos mexicanos hasta formar parte de nuestro patrón alimentario.

No obstante, el problema de consumir en exceso carnes rojas y carnes rojas procesadas que dan lugar a la generación de los carcinógenos antes expuestos, radica en la formación de aductos de ADN; estos son cadenas de material genético unidas, en este caso a las AAH, HAPs o NOCs, que confieren riesgos genotóxicos, mutagénicos y cancerígenos. Sin embargo; es importante señalar que algunos componentes de la carne son sustancias anticancerígenas esenciales para la nutrición humana (selenio, zinc, omega 3, vitaminas B6, B12, D y ácido fólico), por lo que se debe buscar un equilibrio en el consumo alimentario, sustituyendo el grupo de alimentos de la carne por otros alimentos de origen vegetal como las leguminosas.



© Miguel Ángel Andrade. De la serie *Ofrenda Izta Andrade*.

Además, el Fondo Mundial para la Investigación del Cáncer y la Secretaría de Salud en México señala la importancia de mantener un estilo de vida saludable que incluya la elección de alimentos frescos y naturales, realizar actividad física de manera diaria, evitar el consumo de alcohol, no fumar y mantener un peso saludable para reducir el riesgo de desarrollar CCR.

R E F E R E N C I A S

Cheng T, Chaosis S, Kodagoda Gamage SM, Lam AK and Gopalan V (2021). Polycyclic Aromatic Hydrocarbons Detected in Processed Meats Cause Genetic Changes in Colorectal Cancers. *International Journal of Molecular Sciences* 22:10959.

Consejo Mexicano de la Carne. (2024). Compendio Estadístico 2024. Recuperado de: <https://comecarne.org/wp-content/uploads/2024/05/compendio-estadistico-2024-V2.pdf>.

Instituto de Salud para el Bienestar (INSABI) (2023). 31 de marzo | Día Mundial contra el Cáncer de Colon. Gobierno de México. Recuperado de: <https://www.gob.mx/insabi/articulos/dia-mundial-contra-el-cancer-de-colon-31-de-marzo>.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (2022). Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares 2022.

Recuperado de: https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/enigh/nc/2022/doc/enigh2022_ns_presentacion_resultados.pdf.

Kobayashi J (2018). Effect of diet and gut environment on the gastrointestinal formation of N-nitroso compounds: A review. *Nitric Oxide* 73:66-73.

Londoño Pereira M and Gómez Ramírez BD (2021). Nitratos y nitrilos, la doble cara de la moneda. *Revista de Nutrición Clínica y Metabolismo* 4:110-119.

Meat and cancer (2025). World Cancer Research Fund. Recuperado de: <https://www.wcrf.org/preventing-cancer/topics/meat-and-cancer>.

Sivasubramanian BP, Dave M, Panchal V, Saifa-Bonsu J et al. (2023). Comprehensive Review of Red Meat Consumption and the Risk of Cancer. *Cureus* 15:e45324.

Vanegas Moreno DP, Ramírez López LX, Limas Solano LM, Pedraza Bernal AM y Monroy Díaz ÁL (2020). Revisión: Factores asociados a cáncer colorrectal. *Revista Médica de Risaralda* 26:68-77.

Zhou E and Rifkin S (2021). Colorectal Cancer and Diet. *Gastroenterology Clinics of North America* 50:101-111.

Nadia Vianey Carrillo Reyes

Marisol Neri Sánchez

Universidad de la Salud del Estado de México

marisolneri@unsa.mx

© Miguel Ángel Andrade. De la serie *Ofrenda Izta Andrade*.

