

Panorama del cáncer de colon en México

Sarah Eliuth Ochoa Hugo¹, Karla Valdivia Aviña¹, Alfredo Pineda Medina¹ y Rodolfo Hernández Gutiérrez^{1*}

¹Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, Unidad de Biotecnología Médica y Farmacéutica. Guadalajara Jalisco

*Autor de correspondencia: rhgutierrez@ciatej.mx

Resumen

Palabras clave:
cáncer, incidencia,
neoplasias del colon,
mortalidad.

El cáncer de colon ocupa la tercera posición entre las neoplasias más letales en el mundo con más de un millón de decesos anuales. El objetivo de este trabajo fue presentar los datos más recientes sobre impacto del cáncer de colon en México, para lo cual se realizó una búsqueda bibliográfica en bases de datos como PubMed, EBSCO, GLOBOCAN, SEGOB e INEGI. En México este es el segundo tipo de cáncer más letal, afecta a más de 14,000 personas al año, la variación geográfica en el índice de mortalidad es mayor en la frontera norte, existen solo dos programas de detección temprana llevados a cabo por instituciones de salud y los datos epidemiológicos no se conocen con precisión ya que existe un subregistro de esta enfermedad. El cáncer de colon es un problema de salud nacional que requiere un seguimiento epidemiológico más cercano con datos estadísticos actualizados.

Introducción

El cáncer de colon (CCR) es el tercer tipo de cáncer más común en el mundo. En el año 2020 existían 1.9 millones de personas con esta enfermedad y se estima que para el año 2030 incrementa



en un 60% a más de 2.2 millones de nuevos casos y 1.1 millones de muertes. El 10% de los diagnósticos y de las muertes relacionadas con el cáncer anualmente en el mundo se deben al CCR, de los cuales aproximadamente el 51% son hombres y 49% son mujeres. Existe una variación geográfica en la incidencia y mortalidad de CCR ya que ha ido en aumento en los últimos 20 años, pasando de 1.02 y 0.529 millones en 2002 a 1.89 y 0.91 millones en 2020, respectivamente, siendo mayor en aquellos países con un índice mediano y alto de desarrollo humano, ya que estos suelen adoptar un estilo de vida “occidental” (Sung *et al.*, 2021).

En México, anualmente se reportan 14,000 casos y más de 7,000 decesos por CCR (Arnold *et al.*, 2017). Sin embargo, no se conocen con precisión los datos epidemiológicos ya que existe un subregistro de esta enfermedad. El objetivo de este trabajo fue presentar los datos más recientes sobre impacto de CCR en México, para lo cual se realizó una búsqueda bibliográfica durante los meses de octubre y noviembre de 2023 en bases de datos como PubMed, EBSCO, GLOBOCAN, SEGOB e INEGI. Debido al número limitado de reportes, se incluyeron los artículos publicados en los últimos 10 años (2013-2023) en idioma inglés y español.

Los resultados obtenidos muestran que el CCR es un problema de salud nacional del cual se han publicado guías de diagnóstico y tratamiento por instituciones tanto hospitalarias como académicas, sin embargo, se puede observar una comunión en la opinión de los profesionales de la salud dentro de sus reportes sobre el hecho de que los datos epidemiológicos nacionales suelen estar sub registrados. A pesar de que recientemente se han comenzado a realizar estudios locales en el Estado de México y en Jalisco para el diagnóstico temprano del CCR, aunado a estudios clínicos retrospectivos, es necesario un seguimiento más cercano a la epidemiología y situación real actual de este tipo de cáncer en México.

Desarrollo

Cáncer de colon

Función del colon en el sistema digestivo

El colon es la parte más distal del sistema gastrointestinal. Las regiones anatómicas que conforman el colon se extienden comenzando con el ciego, continuando con el colon ascendente, el colon transversal, el colon descendente, el colon sigmoide y finalizando con el recto, que es seguido del ano (Hedayat & Lapraz, 2019). Durante el metabolismo, el material que no logró ser digerido por el intestino delgado llega al colon, para que este pueda cumplir con su función: el colon



ascendente y transversal absorben el agua y nutrientes restantes solidificándolos y formando las heces fecales, mientras que en el colon descendente se acumulan las heces que serán desechadas en el recto. El colon sigmoide se contrae, lo que incrementa la presión dentro del colon, moviendo las heces al recto, el cual almacena las heces que serán eliminadas mediante la defecación (Kahai *et al.*, 2023; Sulaiman & Marciani, 2019).

Factores de riesgo

Un estilo de vida positivo es parte fundamental para mantener el cuerpo saludable. Una dieta rica en carnes rojas y procesadas es un factor de riesgo para desarrollar CCR, pues éstas presentan aminas heterocíclicas (HAC), hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH) y compuestos N-nitroso (NOC), las cuales son sustancias nocivas que pueden producirse durante la cocción de la carne a altas temperaturas o a fuego abierto (Sawicki *et al.*, 2021). Por el contrario, el consumo de vegetales y frutas amplía la cantidad de sustancias potencialmente anticancerígenas, las cuales pueden funcionar a través de uno o varios mecanismos independientes o codependientes. También, la actividad física está asociada con una disminución del riesgo de CCR en un 40 a 50%, especialmente en el colon distal por la estimulación del tránsito intestinal y la reducción de los niveles de prostaglandina E2 (Galiano de Sánchez, n.d.). De acuerdo con reportes recientes, las personas que presentan antecedentes familiares de cáncer de colon tienen un riesgo 1.5 veces mayor de padecer la enfermedad en comparación con aquellos sin antecedentes (Jung *et al.*, 2022).

Además de los factores de riesgo ya mencionados, existen otros como la edad, donde se ha encontrado que existe un riesgo mayor del 80% de tener un pólipo con alto grado de displasia en personas de 60 años o más, en comparación con los más jóvenes (Galiano De Sánchez, 2005). También, los orígenes étnicos forman parte de los factores de riesgo. En Estados Unidos los indios americanos y los nativos de Alaska tienen las tasas más altas de cáncer, sólo un poco delante de las personas afroamericanas. Mientras que los judíos presentan el mayor riesgo de cáncer de colon que cualquier otro grupo (American Cancer Society, 2023).

Desarrollo del cáncer de colon

El CCR es un padecimiento que se puede desarrollar a partir de una pequeña lesión benigna denominada adenoma. Para que esto ocurra, es requerido una serie de mutaciones genéticas, éstas pueden ser somáticas o germinales, otorgando a las células



ventajas de supervivencia e inmortalidad permitiendo que se sigan produciendo más mutaciones, las cuales proporcionan nuevas características a las células como proliferación, invasividad, resistencia multi-fármaco y capacidad de hacer metástasis (Brady & Yaeger, 2013). En la gran mayoría de los casos de CCR se observan duplicaciones, deleciones o translocaciones de cromosomas o segmentos como consecuencia de la inestabilidad cromosómica. Estos cambios pueden provocar una sobreexpresión de oncogenes, una expresión reducida de genes supresores de tumores o bien una expresión alterada de micro RNAs o RNAs que no codifican para algún tipo de proteína, pero pueden contribuir al avance de la enfermedad (Dekker *et al.*, 2019).

El desarrollo de CCR se clasifica en etapas que van de 0 a IV. La etapa 0 es la más temprana, el pólipo no se ha desarrollado más allá de la mucosa (la capa interna del colon o del recto); en la etapa I, el pólipo forma un adenocarcinoma que invade la mucosa propia; en la etapa II, el tumor crece a través de la pared del colon o del recto e invade aún más el tejido en la serosa; en la etapa III, penetra el peritoneo visceral; mientras que en la última etapa IV, se propaga a órganos distantes desarrollando metástasis (Hossain *et al.*, 2022).

Diagnóstico

Al surgir la sospecha de padecer de CCR, lo óptimo es llevar a cabo radiografías e histología del tumor, ya sea en estado primario o metastásico, antes de optar por administrar cualquier tipo de terapia. De acuerdo con la Sociedad Europea de Oncología Médica (ESMO), las pruebas moleculares y de biomarcadores son de suma importancia, puesto que asisten en la precisión de asignación de agentes quimioterapéuticos, así como en la realización de pruebas para establecer el estado de reparación de errores de coincidencia, KRAS, NRAS exón 2, 3 y 4, al igual que las mutaciones BRAF, en vista de su importancia en la selección de la terapia de primera línea (Cervantes *et al.*, 2023).

Actualmente, el uso de biomarcadores para un diagnóstico oportuno o temprano, no es de uso rutinario en la práctica mundial, a diferencia de la inmunohistoquímica fecal donde los pacientes proporcionan una muestra de sus heces fecales, las cuales se analizan para confirmar la presencia de sangre en ellas (Kamel *et al.*, 2022).

Tratamientos convencionales

El tratamiento adecuado e integral del CCR implica la intervención de varios médicos especialistas: gastroenterólogos, cirujanos de colon y recto, oncólogos, radio-oncólogos y patólogos, también algunos otros expertos como educadores sobre cáncer, personal de enfermería especialistas en cáncer y nutriólogos.



El enfoque terapéutico actual contra el CCR consiste en: (i) quimioterapia: que destruye las células cancerosas en todo el cuerpo usando 5-FLU (5-fluorouracilo), capecitabina (Xeloda), irinotecán (Camptosar), oxaliplatino (Eloxatin), trifluridina o tipiracilo (Lonsurf); (ii) terapia dirigida: con Bevacizumab (Avastin), Cetuximab (Erbix) o Panitumumab (Vectibix); (iii) inmunoterapia: mediante Pembrolizumab (Keytruda), Nivolumab (Opdivo); (iv) radioterapia y (v) cirugía, o una combinación de estos. Sin embargo, su éxito depende en gran parte del estadio de la enfermedad, el metabolismo de ésta y de la variedad de respuestas que se presentan entre los individuos que la padecen (Xie *et al.*, 2020).

En general, la quimioterapia y la radiación son más severas que la terapia dirigida, la cual mejora la selectividad del tratamiento puesto que está dirigida a células (tumoraes) específicas. La inmunoterapia ayuda al cuerpo a utilizar su propio sistema inmunológico para detectar y eliminar las células cancerosas; las personas con CCR avanzado son candidatos adecuados para esta terapia adyuvante. La radioterapia utiliza radiación de alta energía (rayos) para destruir las células cancerosas y prevenir que se multipliquen, pero puede generar efectos adversos a corto o mediano plazo. Los métodos de ablación, por su parte, implican el uso de luz, microondas, radiofrecuencia o criocirugía para destruir un tumor sin extirparlo (Takahashi & Berber, 2020).

Los tratamientos anteriormente mencionados son dependientes de la etapa de la enfermedad (ver Figura 1), las cuales se describen a continuación:

Etapa 0: En esta etapa la cirugía es el único tratamiento, sea extirpando el pólipo o parte del área a través de un colonoscopio o retirando parte del colon con una colectomía parcial. Etapa I: Si hay células cancerosas en los bordes del pólipo, es posible que se recomiende cirugía adicional a la de la etapa 0, usualmente no se requiere ningún otro tratamiento en esta etapa. Etapa II: Al igual que en la etapa 0 y I, la cirugía forma parte del tratamiento, y a criterio del médico, es posible que se le administre quimioterapia como tratamiento adyuvante después de la cirugía. Algunos de los agentes quimioterapéuticos y regímenes principales para tratar el cáncer de colon son: 5-FU y Leucovorina en combinación con irinotecan (FOLFIRI o FLIRI), oxaliplatino (FOLFOX) e Irinotecan y oxaliplatino (FOLFIRINOX). Etapa III: En esta etapa también se retiran con cirugía los ganglios linfáticos próximos al tumor y posteriormente se administra la quimioterapia. En algunos casos donde el cáncer es más avanzado y no puede ser extirpado por cirugía, el paciente es sometido a quimioterapia y radiación neoadyuvante para reducir el tamaño del tumor y entonces ser extirpado. En los pacientes que no son aptos para cirugía la quimioterapia y/o la radiación son el tratamiento principal. Etapa IV: Los cánceres de colon en etapa IV, son tratados



según su diseminación en el cuerpo. Si son focalizados, pueden ser extraídos mediante cirugía y tratados con quimioterapia neo o adyuvante. Cuando el cáncer se ha extendido desmesuradamente, como para ser extraído por cirugía, la quimioterapia pasa a ser el tratamiento principal (American Cancer Society, 2020). Las terapias dirigidas son otro tipo de tratamiento utilizado en esta etapa para controlar el cáncer, mientras que la radioterapia es utilizada en cánceres bastante avanzados para disminuir los síntomas del cáncer de colon. En esta etapa el principal propósito es brindar una mayor calidad de vida a los pacientes, ya que a la fecha no se cuenta con una cura establecida (Yamai *et al.*, 2022).

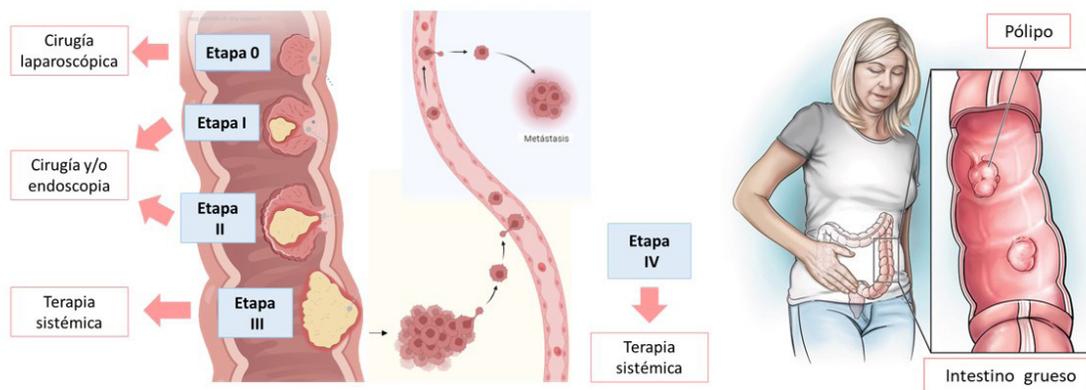


Figura 1. Etapas en la progresión del CCR. Representación gráfica del desarrollo de la enfermedad por etapas y su respectiva opción de tratamiento. Posterior a la detección del CCR, es requerido conocer que tanto se ha propagado dentro del cuerpo y definir la etapa en la que se encuentra. Esto ayuda a determinar la cantidad de cáncer en el paciente y su gravedad, para optar así por el tratamiento más adecuado. Modificado de ChemoExperts.

Tratamientos experimentales

El tratamiento quimioterapéutico de primera línea contra el CCR consiste en un régimen multi-fármaco, no obstante, la quimioterapia presenta limitaciones como la toxicidad sistémica, efectos secundarios no deseados y la resistencia multi-fármaco, por parte de las células tumorales, lo cual limita su selectividad, efecto y el éxito terapéutico. La nanotecnología se muestra como una terapia novedosa ya que disminuye la problemática relacionada a la resistencia multi-fármaco debido a la naturaleza de los materiales empleados (Sakthi Devi *et al.*, 2022).

La nanotecnología es un campo multifacético de la ciencia que trabaja con partículas nanométricas que van desde los 10 hasta los 100 nm, tamaño ideal para no ser percibidos por los mecanismos celulares de eflujo de fármacos relacionados con la multi-fármaco. El propósito del uso de nanopartículas en el campo de la medicina es el de incrementar la eficacia, especificidad y bioseguridad en



terapia (Egloff-Juras *et al.*, 2019). La caracterización de las nanopartículas se basa en su morfología (rectangular, triangular, poliédrica, octagonal o esférica), entre las cuales aquellas basadas en metales han ganado atención en los últimos años debido a sus distintas propiedades (Sakthi Devi *et al.*, 2022).

La terapia fototérmica es una de las terapias más eficientes que puede inducir apoptosis de lesiones específicas malignas con un mínimo de invasión y efectos secundarios comparado con otras modalidades terapéuticas. La irradiación en el infrarrojo cercano (NIR, por sus siglas en inglés), es particularmente beneficiosa para la terapia fototérmica debido a que la luz NIR penetra tejidos con una citotoxicidad mínima debido a la baja absorción de fotones de biomoléculas endógenas en una longitud de onda de 800 nm, produciendo un aumento de temperatura entre 39 °C - 45 °C. Entre los agentes fototérmicos se encuentran los nanomateriales basados en oro y carbón como lo más estudiados en terapias contra el cáncer debido a su alta eficacia de conversión fototérmica y la acumulación preferencial en tumores debido a efectos de permeabilidad y retención (Yoon *et al.*, 2017).

Por otra parte, la electroporación o electropermeabilización es una terapia que consiste en aplicar cortos pulsos de alto voltaje para causar permeabilización en la membrana de la célula para permitir el pasaje de iones, moléculas o nanopartículas no permeables a la membrana celular. Con el empleo de esta técnica en combinación con quimioterapéuticos, se logra incrementar la concentración intracelular del fármaco (Frandsen *et al.*, 2020).

Epidemiología del cáncer de colon

En el año 2020, el CCR representó un 10% en la incidencia mundial de cáncer (1.93 millones de casos de un total de 19.29 millones) y 9.4% en las muertes causadas por cáncer (0.94 millones de un total de 9.96 millones). De acuerdo con los reportes más recientes, el CCR es la tercera causa de muerte relacionada con cáncer en hombres y mujeres alrededor del mundo con una estimación de 515,637 decesos en hombres y 419,536 en mujeres (ver Figura 2). Hoy en día más de 5.25 millones de personas viven con CCR alrededor del mundo. Se prevé que para 2040 el CCR alcance 3.2 millones de casos a nivel mundial con base a la proyección tanto de envejecimiento como de crecimiento de la población y de desarrollo humano (Xi & Xu, 2021).

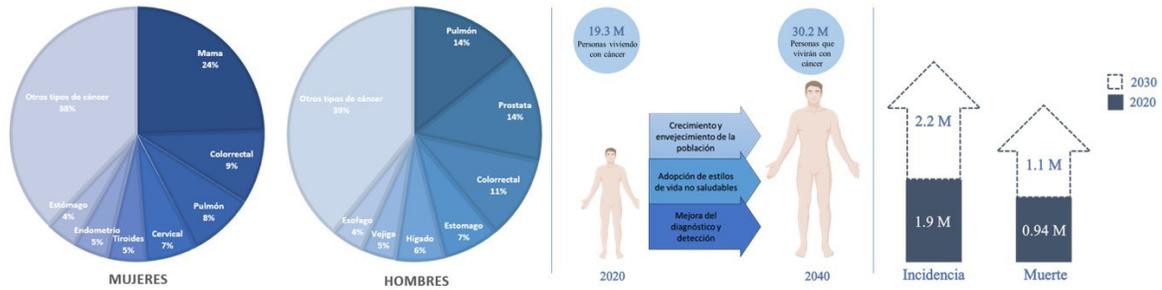


Figura 2. Estimación de nuevos casos de cáncer en mujeres y hombres a nivel mundial durante el año 2020. El cáncer de mama (24%), CCR (9%) y pulmón (8%) son los más comunes dentro de la población del género femenino. El cáncer de pulmón (15%) próstata (14%) y CCR (11%) son los más comunes dentro de la población del género masculino. Datos obtenidos de GLOBOCAN 2020.

Cáncer de colon en México

Se estima que para el año 2035 el número total de muertes relacionadas al CCR en el mundo incrementará un 60%, presentando variaciones entre países dependiendo del grado de desarrollo económico de los mismos (ver Tabla 1). Por lo tanto, esta enfermedad es reconocida como un marcador del desarrollo socioeconómico de los países, ya que el incremento de casos está relacionado con el estilo de vida y los hábitos alimenticios (Sawicki *et al.*, 2021).

En México, el cáncer de colon es la segunda causa de muerte y el tercero más frecuente dentro de las patologías oncológicas en la población general. Durante el año 2020 se registraron en el país un total de 14,631 nuevos casos de los cuales 7,936 se presentaron en hombres y 6,695 en mujeres (Sung *et al.*, 2021).

Tabla 1. Casos de CCR en países del mundo durante el año 2020

Población	Total	Mujeres	Hombres
México	14,631	6,695	7,936
China	555,477	235,991	319,486
Estados Unidos	155,008	73,354	81,654
Japón	148,505	67,209	81,296
Rusia	77,213	41,529	35,684
India	65,358	24,950	40,408
Alemania	57,528	26,654	30,874
Brasil	55,102	27,756	27,346



Reino Unido	52,128	23,234	28,894
Italia	48,586	22,998	25,588
Francia	48,061	22,280	25,781

Fuente. Datos obtenidos de GLOBOCAN 2020

Diagnóstico temprano

A pesar de los importantes avances en el estudio, la comprensión y el tratamiento del cáncer, el número de casos sigue aumentando, por lo que sigue siendo una de las principales causas de muerte en todo el mundo. El diagnóstico precoz y el tamizaje son aspectos clave en la batalla contra el cáncer, ya que permiten incrementar la eficacia de las terapias y la reducción de las tasas de mortalidad (Tinajero-Díaz *et al.*, 2021).

En nuestro país existen solo dos programas de detección de CCR llevados a cabo por instituciones de salud, las cuales han buscado realizar protocolos de tamizaje en la población mexicana para pacientes con riesgo, de acuerdo con las recomendaciones de asociaciones internacionales sobre cáncer como la Sociedad Americana de Cáncer (ACS, por sus siglas en inglés). A pesar de que estos programas han logrado detectar casos de CCR en pacientes, los programas de tamizaje en México son escasos, no tienen resultados de largo alcance y no suelen llegar a la mayoría de la población, lo que reduce su impacto significativamente. Este fenómeno se puede observar también en la mayoría de los países de América Latina (González-Duarte *et al.*, 2019).

En el año 2017, el Instituto Nacional de Cancerología (INCAN) realizó un protocolo de tamizaje para neoplasias de colon y recto en población con riesgo promedio con base en la prueba inmunoquímica fecal (FIT), la cual utiliza anticuerpos contra la hemoglobina para detectar sangre oculta en heces (ver figura 3). En tal protocolo se obsequiaron alrededor de 892 pruebas FIT, de las cuales se procesaron 809 (90%) siendo 689 negativas y 120 positivas. De las pruebas positivas, se realizaron colonoscopias a 96 pacientes, de los cuales 6 presentaron mucosa normal, 37 una patología benigna, 48 lesiones pre-malignas y 5 pacientes (4.8%) confirmaron malignidad (Secretaría de Salud, 2018).

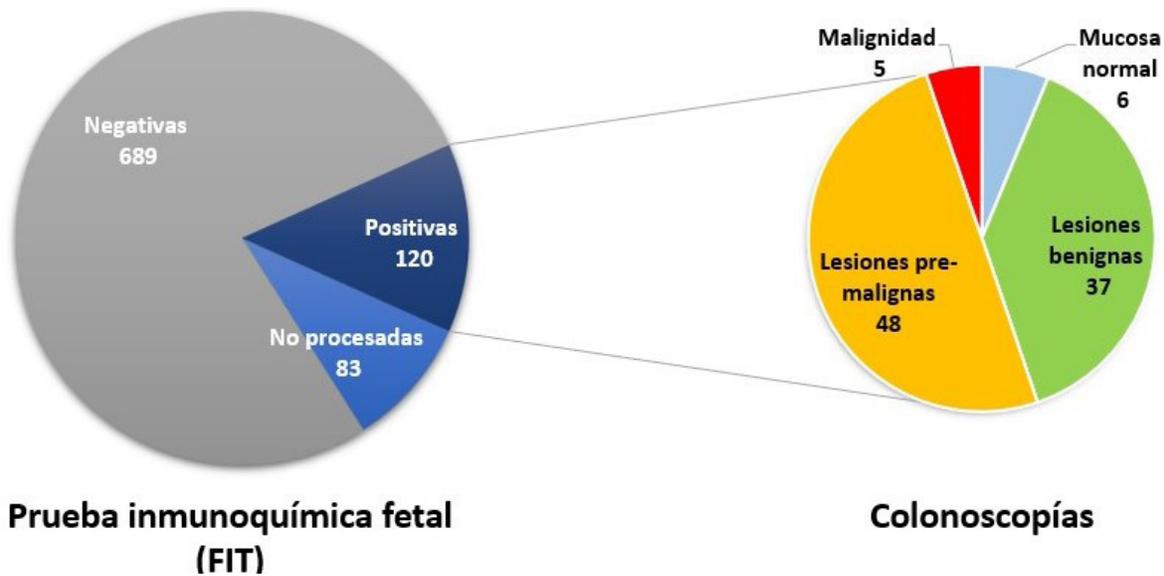


Figura 3. Protocolo de tamizaje del INCAN en 2017. Representación gráfica de los resultados obtenidos en el primer y a la fecha único protocolo de tamizaje con resultados preliminares de pacientes con riesgo de CCR en México. De un total de 892 pruebas FIT, 120 resultaron positivas, de las cuales cinco (4.8%) mostraron malignidad en el tejido con presencia de adenocarcinoma. Datos de la (Secretaría de Salud, 2018).

El segundo protocolo se inició en agosto de 2018 en el Antiguo Hospital Civil Fray Antonio Alcalde en la ciudad de Guadalajara, con una muestra inicial de 200 pacientes. Esta “Prueba inmunoquímica para detección de sangre oculta en heces como tamizaje para neoplasias colorrectales” toma en cuenta las recomendaciones de la ACS para el tamizaje de pacientes con riesgo promedio de desarrollar CCR y, además, a los pacientes con FIT negativa se les realiza un estudio de radiofrecuencia para sustentar con un estudio de imagen el resultado negativo. El estudio se encuentra a la espera de resultados preliminares (González-Duarte *et al.*, 2019).

Son necesarias nuevas estrategias de detección temprana mediante tamizajes en la población a través de campañas organizadas por el gobierno u hospitales locales, como las previamente descritas, sin embargo, estas deben ser más ambiciosas, es decir, necesitan llegar a una extensión de población más grande que aquella que cubre un solo centro de salud.

Ensayos clínicos

En la literatura se pueden encontrar otros ensayos clínicos sobre la epidemiología del CCR en México, basados en estudios retrospectivos de casos reportados a nivel hospitalario durante un periodo de tiempo determinado; sin embargo, estos presentan limitaciones como lo son el tamaño de la muestra, expedientes



clínicos incompletos, estudios no interinstitucionales, pocas publicaciones sobre la epidemiología del CCR en México y, por lo tanto, la no adopción de políticas para su prevención y tratamiento oportuno.

En el Hospital Juárez de la Ciudad de México se llevó a cabo un estudio retrospectivo de enero del 2008 a enero del 2015 sobre las características epidemiológicas e histopatológicas del CCR, en el que se realizaron 2,197 colonoscopias en 101 pacientes menores de 50 años y en 614 pacientes mayores de 50 años confirmados por histología de CCR. Los resultados del estudio sobre la población mexicana se asemejan a los reportados por otros países ya que estos arrojaron que esta enfermedad predomina en el género masculino sin diferencia significativa con el género femenino, el 39.5% presentó factores de riesgo, es más frecuente en el colon derecho, el adenocarcinoma es de tipo histológico y se clasifica en estadio clínico en Etapa IIA (Burbano Luna *et al.*, 2016).

Por otra parte, en el Hospital de Oncología del Centro Médico Nacional Siglo XXI del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) se llevó a cabo un estudio retrospectivo y descriptivo del total de colonoscopias de pacientes con sospecha o diagnóstico ya conocido de CCR en los 5 años que comprenden del 2014 al 2019. Se revisaron 7,302 colonoscopías de las que 3,436 fueron positivas a CCR, siendo 1,871 hombres (54.45%) y 1,565 (45.55%) mujeres, con una edad promedio de 60 años (24-95), de las que 722 se detectaron en pacientes con edad menor a los 50 años (21%). El reporte hace hincapié en el hecho de que cerca de la mitad de los pacientes se presentaron en una etapa incurable y a un porcentaje considerable de la población por debajo de los 50 años se le detectó adenocarcinoma (Leal-Omar *et al.*, 2019).

Monitoreo de mortalidad

Uno de los retos para el óptimo registro de casos de CCR en México es el contar con instrumentos de monitoreo que permitan medir la evolución de la enfermedad en el país a través de los años. El Centro de Población y Salud en Mesoamérica realizó un estudio sobre el monitoreo de la mortalidad de CCR en la frontera norte de México en un periodo de 17 años transcurrido entre 1998 y 2015. Sus resultados indican que se encuentran niveles mayores de mortalidad en la frontera norte, en comparación con aquellos estados ubicados en el sur del país, ya que se presentan tendencias de índole social y económica relacionados con patrones de consumo de carne roja y procesada (Manzanares Rivera, 2020).

Siguiendo con la línea de reportes sobre mortalidad en México, el Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE),



realizó un estudio en el que se analizaron los certificados oficiales de defunción a nivel nacional registrados por el INEGI en el año 2017. Del total de 85, 201 defunciones por CCR durante el 2017, el 10.7% correspondió a hombres y el 5.5% a mujeres. Con una tasa global estimada de 6,506 casos de CCR por cada 100,000 defunciones, los estados con mayor mortalidad fueron la Ciudad de México (7.24%), Nuevo León (6.71%), Baja California Sur (6.26%), Baja California (6.2%) y Chihuahua (6.2%). En las instituciones de salud se encontraron las siguientes tasas de defunciones: IMSS (5.19%), ISSSTE (5.03%), Seguro Popular (2.53%) y Petróleos Mexicanos (1.01%) (Aldaco-Sarvide *et al.*, 2019).

Los reportes anteriormente mencionados sobre el CCR en México exponen un desequilibrio entre las regiones con mayor tasa de mortalidad y la disponibilidad de los especialistas, lo cual impacta negativamente en la capacidad de atención al paciente y en la realización de estudios para la detección oportuna, lo que es sumamente importante para el tratamiento y eventual seguimiento de la evolución de la enfermedad.

Conclusiones

De los resultados mostrados, se puede concluir que la información estadística y epidemiológica reportada por instituciones de salud y gobierno, relacionada con el CCR en México es escasa y a pesar de que es uno de los tipos de cáncer más relevantes en nuestro país, el foco de atención se dirige principalmente al cáncer de mama y cáncer cervicouterino. Aunado a esto, consideramos relevante destacar el impacto de los hábitos alimenticios relacionados con patrones de consumo de alimentos procesados en la población de estrato social y económico medio y medio-alto, observados en la zona fronteriza norte, así como, en la ciudad de México, en los cuales la incidencia y mortalidad relacionada con CCR es mayor que en el resto del país. Finalmente, es necesario realizar un seguimiento más cercano a la epidemiología del CCR con estadísticas actualizadas de los reportes hospitalarios de casos y defunciones, ya que los casos reportados difieren en gran medida con los datos de los países con sistemas de salud más sofisticados.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que la investigación se realizó en ausencia de cualquier relación comercial o financiera que pudiera interpretarse como un potencial conflicto de interés.



Agradecimientos

Sarah Eliuth Ochoa Hugo con CVU 891162 agradece a CONAHCYT por la beca otorgada para su formación del programa de Doctorado en Ciencias en Innovación Biotecnológica. Karla Valdivia Aviña con CVU 1169625 agradece a CONAHCYT por la beca otorgada para su formación en el programa de Maestría en Ciencias en Innovación Biotecnológica. Alfredo Pineda Medina agradece al Conacyt por la beca otorgada para tesis de licenciatura bajo el proyecto CONAHCYT-FORDECYT-PRONACES/568483/2020.

Referencias

- Aldaco-Sarvide, F., López-Cruz, L., Erazo-Valle-Solís, A. A., Cervantes-Sánchez, G., Cárdenas-Cárdenas, E., & Torrecillas-Torres, L. (2019). Mortalidad por cáncer colorrectal en México. *Revista de Especialidades Médico-Quirúrgicas*, 24(1). www.remq-issste.com
- American Cancer Society. (2020). Colorectal Cancer Risk Factors. Recuperado el 12 de octubre de 2023, de <https://www.cancer.org/cancer/types/colon-rectal-cancer/causes-risks-prevention/risk-factors.html>
- American Cancer Society. (2020). *Treatment of Colon Cancer, by Stage*. Recuperado el 15 de octubre de 2023, de <https://www.cancer.org/cancer/types/colon-rectal-cancer/treating/by-stage-colon.html>
- Arnold, M., Sierra, M. S., Laversanne, M., Soerjomataram, I., Jemal, A., & Bray, F. (2017). Global patterns and trends in colorectal cancer incidence and mortality. *Gut*, 66(4), 683–691. <https://doi.org/10.1136/GUTJNL-2015-310912/-/DC1>
- Brady, L. W., & Yaeger, T. E. (Eds.). (2013). *Encyclopedia of Radiation Oncology*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-85516-3>
- Burbano Luna, D. F., Manrique, M. A., Chávez García, M. Á., Pérez Corona, T., Hernández Velázquez, N. N., Escandón Espinoza, Y. M., Gómez Urrutia, J. M., Rubalcaba Macías, E. J., Martínez Ramírez, G., Cisneros, A. A., García Romero, A., Martínez Galindo, M. G., & Cerna Cardona, J. (2016). Epidemiología del cáncer colorrectal en menores de 50 años en el Hospital Juárez de México. *Endoscopia*, 28(4), 160–165. <https://doi.org/10.1016/J.ENDOMX.2016.10.008>
- Cervantes, A., Adam, R., Roselló, S., Arnold, D., Normanno, N., Taïeb, J., Seligmann, J., De Baere, T., Osterlund, P., Yoshino, T., & Martinelli, E. (2023). Metastatic colorectal cancer: ESMO Clinical Practice Guideline for diagnosis, treatment and follow-up. *Annals of Oncology: Official Journal of*



- the European Society for Medical Oncology*, 34(1), 10–32. <https://doi.org/10.1016/J.ANNONC.2022.10.003>
- Dekker, E., Tanis, P. J., Vleugels, J. L. A., Kasi, P. M., & Wallace, M. B. (2019). Colorectal cancer. *The Lancet*, 394(10207), 1467–1480. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(19\)32319-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(19)32319-0)
- Egloff-Juras, C., Bezdetnaya, L., Dolivet, G., & Lassalle, H. P. (2019). NIR fluorescence-guided tumor surgery: New strategies for the use of indocyanine green. *International Journal of Nanomedicine*, 14, 7823–7838. <https://doi.org/10.2147/IJN.S207486>
- Frandsen, S. K., Vissing, M., & Gehl, J. (2020). A comprehensive review of calcium electroporation —A novel cancer treatment modality. *Cancers*, 12(2). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/cancers12020290>
- Galiano de Sánchez, M. T. (n.d.). *Cáncer colorrectal (CCR)*. Recuperado el 12 de octubre de 2023, de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99572005000100006
- González-Duarte, J. A., Barragán-Sánchez, A., Villa-Meda, F., Covarrubias-Leos, A. K., Betancourt-Vicencio, S., Carrillo-Valdéz, S., Jauregui, L. A. A., Magaña-Vaca, J. F., Hernández-Gómez, F., Zepeda-Solís, C., Navarro-Lara, E., & Enciso-Pérez, D. (2019). Opciones de tamizaje para cáncer colorrectal. *Revista Médica MD*, 10.11(4), 277–284.
- Hedayat, K. M., & Lapraz, J. C. (2019). *The Theory of Endobiogeny: Volume 2: Foundational Concepts for Treatment of Common Clinical Conditions*. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/C2018-0-00953-6>
- Hossain, Md. S., Karuniawati, H., Jairoun, A. A., Urbi, Z., Ooi, D. J., John, A., Lim, Y. C., Kibria, K. M. K., Mohiuddin, A. K. M., Ming, L. C., Goh, K. W., & Hadi, M. A. (2022). Colorectal Cancer: A Review of Carcinogenesis, Global Epidemiology, Current Challenges, Risk Factors, Preventive and Treatment Strategies. *Cancers*, 14(7), 1732. <https://doi.org/10.3390/cancers14071732>
- Jung, Y. S., Song, H., Tran, M. T. X., Park, B., & Moon, C. M. (2022). Association between A Family History of Colorectal Cancer and the Risk of Colorectal Cancer: A Nationwide Population-Based Study. *Journal of Personalized Medicine*, 12(10), 1566. <https://doi.org/10.3390/jpm12101566>
- Kahai, P., Mandiga, P., Wehrle, C. J., & Lobo, S. (2023). *Anatomy, Abdomen and Pelvis: Large Intestine*. StatPearls. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK470577/>
- Kamel, F., Eltarhoni, K., Nisar, P., & Soloviev, M. (2022). Colorectal Cancer Diagnosis: The Obstacles We Face in Determining a Non-Invasive Test and



- Current Advances in Biomarker Detection. *Cancers*, 14(8), 1889. <https://doi.org/10.3390/CANCERS14081889/S1>
- Leal-Omar, J., Zarate-Guzmán, J., Peniche-Moguel, P., Gil-Rojas, N., Briones-Fraga, S., Gómez-García, T., Morones-Navarrete, G., Mena-Contreras, A. A., Leal-Omar, J., Zarate-Guzmán, J., Peniche-Moguel, P., Gil-Rojas, N., Briones-Fraga, S., Gómez-García, T., Morones-Navarrete, G., & Mena-Contreras, A. A. (2019). Demografía del cáncer colorrectal en los últimos 5 años de un hospital oncológico. *Endoscopia*, 31(2), 363–369. <https://doi.org/10.24875/END.M19000125>
- Manzanares Rivera, José Luis. (2020). Cáncer de colon en los estados fronterizos mexicanos. *Población y Salud en Mesoamérica*, 18(1), 122-148. <https://dx.doi.org/10.15517/psm.v18i1.40061>
- Sakthi Devi, R., Girigoswami, A., Siddharth, M., & Girigoswami, K. (2022). Applications of Gold and Silver Nanoparticles in Theranostics. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 194(9), 4187–4219. Springer. <https://doi.org/10.1007/s12010-022-03963-z>
- Sawicki, T., Ruszkowska, M., Danielewicz, A., Niedźwiedzka, E., Arłukowicz, T., & Przybyłowicz, K. E. (2021). A Review of Colorectal Cancer in Terms of Epidemiology, Risk Factors, Development, Symptoms and Diagnosis. *Cancers*, 13(9), 2025. <https://doi.org/10.3390/cancers13092025>
- Secretaría de Salud. (2018). *El INCan lanza la primera campaña de detección temprana de cáncer colorrectal*. Recuperado el 15 de octubre de 2023, de <https://www.gob.mx/salud/articulos/el-incan-lanza-la-primera-campana-de-deteccion-temprana-de-cancer-colorrectal?idiom=es>
- Sulaiman, S., & Marciani, L. (2019). MRI of the Colon in the Pharmaceutical Field: The Future before us. *Pharmaceutics*, 11(4), 146. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics11040146>
- Sung, H., Ferlay, J., Siegel, R. L., Laversanne, M., Soerjomataram, I., Jemal, A., & Bray, F. (2021). Global Cancer Statistics 2020: GLOBOCAN Estimates of Incidence and Mortality Worldwide for 36 Cancers in 185 Countries. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, 71(3), 209–249. <https://doi.org/10.3322/CAAC.21660>
- Takahashi, H., & Berber, E. (2020). Role of thermal ablation in the management of colorectal liver metastasis. *Hepatobiliary Surgery and Nutrition*, 9(1), 49–58. <https://doi.org/10.21037/HBSN.2019.06.08>
- Tinajero-Díaz, E., Salado-Leza, D., Gonzalez, C., Velázquez, M. M., López, Z., Bravo-Madrigal, J., Knauth, P., Flores-Hernández, F. Y., Herrera-Rodríguez, S. E., Navarro, R. E., Cabrera-Wrooman, A., Krötzsch, E., Carvajal,



- Z. Y. G., & Hernández-Gutiérrez, R. (2021). Green Metallic Nanoparticles for Cancer Therapy: Evaluation Models and Cancer Applications. *Pharmaceutics* 2021, 13(10), 1719. <https://doi.org/10.3390/PHARMACEUTICS13101719>
- Xi, Y., & Xu, P. (2021). Global colorectal cancer burden in 2020 and projections to 2040. *Translational Oncology*, 14(10). <https://doi.org/10.1016/J.TRANON.2021.101174>
- Xie, Y. H., Chen, Y. X., & Fang, J. Y. (2020). Comprehensive review of targeted therapy for colorectal cancer. *Signal Transduction and Targeted Therapy*, 5(1). <https://doi.org/10.1038/s41392-020-0116-z>
- World Health Organization. (2020). *Cancer Today*. Recuperado el 15 de octubre de 2023, de https://gco.iarc.fr/today/online-analysis-treemap?v=2020&mode=cancer&mode_population=continents&population=900&populations=900&key=asr&sex=0&cancer=39&type=0&statistic=5&prevalence=0&population_group=0&ages_group%5B%5D=0&ages_group%5B%5D=17&group_cancer=1&include_nmsc=0&include_nmsc_other=1&reloaded
- Yamai, T., Ikezawa, K., Kawamoto, Y., Hirao, T., Higashi, S., Daiku, K., Maeda, S., Abe, Y., Urabe, M., Kai, Y., Takada, R., Nakabori, T., Uehara, H., & Ohkawa, K. (2022). 5-Fluorouracil/L-Leucovorin Plus Oxaliplatin (FOLFOX) Regimen as Salvage Chemotherapy for Patients with Unresectable Pancreatic Cancer Receiving Gemcitabine and Nab-Paclitaxel and 5-Fluorouracil/L-Leucovorin Plus Nanoliposomal Irinotecan: Preliminary Results from Clinical Practice. *Current Oncology* 2022, 29(4), 2644–2649. <https://doi.org/10.3390/CURRONCOL29040216>
- Yoon, H. J., Lee, H. S., Lim, J. Y., & Park, J. H. (2017). Liposomal Indocyanine Green for Enhanced Photothermal Therapy. *ACS Applied Materials and Interfaces*, 9(7), 5683–5691. <https://doi.org/10.1021/acsami.6b16801>