CULCYT. Cultura Científica y Tecnológica
Vol. 23 | N.º 3 | Septiembre-Diciembre 2026 | PP D1-D5

DOI: 10.20983/culcyt.2026.3.5.1

ISSN (electrónico) 2007-0411

e23307

ARTÍCULO DE DIVULGACIÓN

Cáncer: biomarcadores, el camino de una pista molecular hacia la aplicación clínica

Cancer: Biomarkers, the Path from a Molecular Clue to Clinical Application

Diana Patricia Armenta Calzadillas[1] *Mauricio Salcedo Vargas*[2] *Florinda Jiménez Vega*[1] ✉

[1] Departamento de Ciencias Químico-Biológicas, Instituto de Ciencias Biomédicas, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez; Ciudad Juárez, Chihuahua, México
[2] Unidad de Investigación en Biomedicina y Oncología Genómica, Hospital de Gineco Pediatría 3A; Ciudad de México

RESUMEN

El cáncer es un problema preocupante de salud pública a nivel mundial con miles de nuevos casos y fallecimientos; por ello, en las últimas décadas se han buscado alternativas que complementen la historia clínica y las pruebas diagnósticas. Dentro de estas se encuentran los biomarcadores, pistas silenciosas que se encuentran en el organismo y que pueden proporcionar información valiosa sobre el estado de salud y enfermedad. Sin embargo, antes de incorporarse a la práctica en los hospitales, los biomarcadores deben pasar por un riguroso proceso de validación para demostrar su utilidad, reproducibilidad y confiabilidad.

PALABRAS CLAVE: cáncer; biomarcador; validación.

ABSTRACT

Cancer represents a public health concern, accounting for thousands of new cases and deaths; that's why considerable efforts have been devoted to identifying complementary tools, looking for new procedures and changing the conventional medical evaluation and diagnosis. Biomarkers could be one of these tools and provide valuable information about health or disease status. However, before to the clinical practice, these must be rigorously validated ensuring their accuracy, reproducibility, and reliability.

KEYWORDS: cancer; biomarker; validation.

Correspondencia:
DESTINATARIO: Florinda Jiménez Vega
INSTITUCIÓN: Universidad Autónoma de Ciudad Juárez / Instituto de Ciencias Biomédicas
DIRECCIÓN: Anillo Envolvente del Pronaf y Estocolmo s/n, Zona Pronaf, Ciudad Juárez, C. P. 32310, Chihuahua, México
CORREO ELECTRÓNICO: fjimenez@uacj.mx

Fecha de recepción: 26 de septiembre de 2026. Fecha de aceptación: 14 de octubre de 2026. Fecha de publicación: 6 de noviembre de 2026.

acceso abierto UACJ

REVISTA ARBITRADA

Licencia Creative Commons
CC BY NC

CULCYT. Cultura Científica y Tecnológica
Vol. 23 | N.º 3 | Septiembre-Diciembre 2026 CULCYT D2

EL CÁNCER: UN RETO PARA LA SALUD PÚBLICA MUNDIAL

El cáncer representa uno de los mayores desafíos para la salud pública mundial y constituye uno de los retos más urgentes para los sistemas de salud. De acuerdo con el informe sobre la situación mundial del cáncer 2026, emitido por la Organización Mundial de la Salud, en colaboración con el Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer, cada año se diagnostican aproximadamente 20.6 millones de nuevos casos y cerca de 10 millones de personas fallecen por esta enfermedad [1]. Esto es alarmante, ya que los nuevos casos podrían alcanzar los 35 millones para 2050 de no existir el fortalecimiento de las estrategias de prevención, detección temprana y tratamiento oportuno [1]. Estos datos ponen de manifiesto la necesidad de desarrollar herramientas que permitan atender dicha problemática.

Cuando se escucha la palabra cáncer, la mente lo asocia a una enfermedad grave, tratamientos largos y costosos, además del profundo impacto que se presenta en la vida de los pacientes y sus familiares. Ahora se conoce que el cáncer no es una sola enfermedad, sino un conjunto de alteraciones, como el incremento de la proliferación de las células anormales o transformadas, la invasión a los tejidos cercanos y, en etapas más avanzadas, propagarse a otras partes del organismo, proceso conocido como metástasis, cuyos tratamientos actuales son más del tipo paliativo [2], [3].

Todo proceso de carcinogénesis se desarrolla lento y silencioso durante décadas antes de presentar sus primeros síntomas, por lo que es imposible conocer cuándo se inició. Durante ese tiempo se combinan diversos factores ambientales, genéticos y estilos de vida que permiten y favorecen acumular diversas alteraciones en las células, pasando desapercibidas y que no pueden, en la actualidad, ser detectadas mediante los estudios convencionales [4].

Sin embargo, gracias a los avances de la biología molecular, hoy es posible identificar algunas de estas alteraciones y utilizarlas para comprender mejor el desarrollo del cáncer. Es de esta manera que los estudios han puesto en evidencia señales celulares llamadas biomarcadores moleculares, herramientas fundamentales que pueden contribuir a la detección oportuna de la enfermedad, orientar decisiones terapéuticas y evaluar el diagnóstico [5]. Pero, ¿qué son exactamente los biomarcadores moleculares?

BIOMARCADORES MOLECULARES

Un biomarcador es una característica o molécula biológica que se pueden medir y permite evaluar un proceso normal o enfermedad. En condiciones normales, estas moléculas desempeñan funciones esenciales para mantener la salud, pero cuando su presencia, cantidad o actividad se modifica, comienza o ya se desarrolló una enfermedad [6].

Una de las principales ventajas del uso de biomarcadores es que muchos de ellos pueden detectarse en diversas muestras biológicas como en la sangre, heces, orina y muestras cervicales, entre otras. La información que proporcionan complementa la evaluación clínica del paciente y permite detectar la enfermedad, dar seguimiento a su evolución, evaluar la respuesta a un tratamiento y apoyar la toma de decisiones médicas. Gracias a ello, los biomarcadores han transformado la práctica clínica al ayudar a tener un diagnóstico más oportuno y una medicina cada vez más precisa y personalizada [5].

BIOMARCADORES EN EL USO COTIDIANO

El término biomarcador puede parecer complejo y en realidad estamos más familiarizados con ello de lo que imaginamos. Muchas de las pruebas fisiológicas para detectarlos se realizan de forma rutinaria en hospitales y laboratorios clínicos; incluso, algunos se realizan en casa. Su uso está dirigido a determinar procesos funcionales o metabólicos, por ejemplo, la medición de concentraciones de hormonas (perfiles hormonales), niveles de glucosa (glucómetro) o en el embarazo (pruebas de farmacia) [7], [8], [9].

Por su parte, los biomarcadores moleculares se realizan solo en laboratorios especializados y determinan alteraciones en el material genético, por ejemplo, pruebas de paternidad, la detección del virus de papiloma humano, SARS-CoV-2, etc. [10], [11], [12]. Estos ejemplos muestran que los biomarcadores forman parte de la práctica médica cotidiana y ambos tipos proporcionan información valiosa.

Pero, si los biomarcadores son capaces de revelar tanto sobre nuestra salud, surge una pregunta inevitable: ¿cómo pueden ayudarnos a detectar y comprender enfermedades diversas y algunas tan complejas como el cáncer?

DOI: 10.20983/culcyt.2026.3.5.1 ISSN (e): 2007-0411

BIOMARCADORES VALIDADOS Y POTENCIALES EN CÁNCER

Como se mencionó anteriormente, y ya que el cáncer puede presentar características moleculares distintas, uno de los principales objetivos de la investigación biomédica en las últimas décadas ha sido identificar biomarcadores capaces de detectar algunos de los cambios que ocurren durante su desarrollo [5]. En este contexto, la detección de mutaciones de los genes supresores de tumor BRCA1 y BRCA2 para descartar casos de cáncer de mama y ovario del tipo hereditario, para la proteína del receptor 2 del factor de crecimiento epidémico humano HER2 en un amplio espectro de tipos de cáncer y que ayuda a orientar tanto el diagnóstico como las decisiones terapéuticas, o para mutaciones en el gen RET en cáncer medular de tiroides, determinar portadores y en casos especiales candidatos a cirugías en fase preclínica, etc. [13], [14], [15].

Actualmente, hay una gran cantidad de investigaciones que buscan identificar nuevos biomarcadores capaces de detectar el cáncer en etapas más tempranas, predecir su evolución y anticipar la posible respuesta al tratamiento [6]. En la Tabla 1 se enlistan algunos biomarcadores y su aplicación en distintos tipos de cáncer.

TABLA 1
BIOMARCADORES UTILIZADOS EN DIVERSAS APLICACIONES CLÍNICAS

BIOMARCADOR	APLICACIÓN CLÍNICA	TIPO DE CÁNCER
PSA (Antígeno prostático específico)	Detección y seguimiento	Próstata
HER2 (Receptor 2 del factor de crecimiento epidérmico humano)	Selección de terapia dirigida	Mama, gástrico, ovario, vejiga, páncreas, pulmón y esófago
BRCA1 y **BRCA2** (Cáncer de mama)	Riesgo hereditario. Selección de tratamiento	Mama y ovario
AFP (Alfa-fetoproteína)	Diagnóstico y seguimiento	Hepatocelular y tumores germinales
EGFR (Receptor del factor de crecimiento epidérmico)	Selección de tratamiento	Pulmón
ALK (Quinasa del linfoma anaplásico)	Terapia dirigida	Pulmón
ROS1 (Receptor tirosina-cinasa)	Terapia dirigida	Pulmón
KRAS (Oncogén homólogo viral del sarcoma de Kirsten)	Selección de tratamiento	Colorrectal y pulmón
CA-125 (Antígeno de cáncer 125)	Diagnóstico y seguimiento	Ovario
RET (Reordenado durante la transfección)	Diagnóstico y predicción	Medular y papilar de tiroides

Fuente: elaboración propia, con información adaptada del Instituto Nacional del Cáncer (National Cancer Institute, NCI), modificada por MS [16].

Entonces surge otra pregunta ¿por qué son tan pocas las moléculas que han sido validadas clínicamente como biomarcadores?

INCORPORACIÓN DE MOLÉCULAS COMO BIOMARCADORES EN LA PRÁCTICA HOSPITALARIA

Para que una molécula sea considerada como un biomarcador debe pasar por un largo y riguroso camino que puede tomar varios años, e incluso décadas, antes de incorporarse a la práctica clínica, su validación en el contexto poblacional, revisión de la literatura, ya que debe proporcionar resultados confiables y reproducibles, funcionar en diferentes grupos de pacientes y aportar un beneficio real para el diagnóstico, el pronóstico, la predicción de respuesta al tratamiento o monitoreo, etc. [17].

En la actualidad, debido al tiempo, costo y complejidad que implica descubrir y validar nuevos biomarcadores, gran parte de la búsqueda de estos suele comenzar analizando los resultados de miles de investigaciones realizadas en todo el mundo, las cuales se encuentran disponibles en bases de datos públicas.

LA BÚSQUEDA DE BIOMARCADORES CANDIDATOS

En esta búsqueda intervienen diferentes rutas metodológicas y aquí plasmaremos algunas de ellas. El inicio, con un primer filtro, es definir el problema (pregunta a responder) buscando información en las bases de datos públicas de acceso libre (minado de información y de datos), qué tipo de biomolécula se busca sensar, muestra por analizar, pruebas a realizar, controles técnico y biológicos, así como criterios de selección. Esto determinará si los investigadores analizarán el ADN, el ARN, las proteínas o metabolitos asociados [18], ya que estas moléculas pueden proporcionar información sobre diferentes procesos biológicos que ocurren en las moléculas y en los tejidos.

Al continuar con la búsqueda este tipo de moléculas potenciales "biomarcadores", los investigadores incorporan herramientas estadísticas que permiten evaluar si las diferencias observadas entre los grupos estudiados podrían atribuirse al azar. De esta manera se establece un prototipo o prueba de concepto, prueba diagnóstica (sensibilidad y especificidad) y estudios fase 2, 3 y 4,

que consideran la realización de múltiples comparaciones para reducir el riesgo de identificar la máxima probabilidad de falsos positivos y negativos [19].

Bajo las estrategias anteriores, una vez identificados los posibles biomarcadores, es importante asociar su función biológica, cómo contribuyen al funcionamiento normal de las células y qué cambios pueden ocurrir cuando su actividad se altera. Esto ayuda a comprender por qué estas moléculas podrían estar relacionadas a la progresión de una enfermedad (Figura 1).

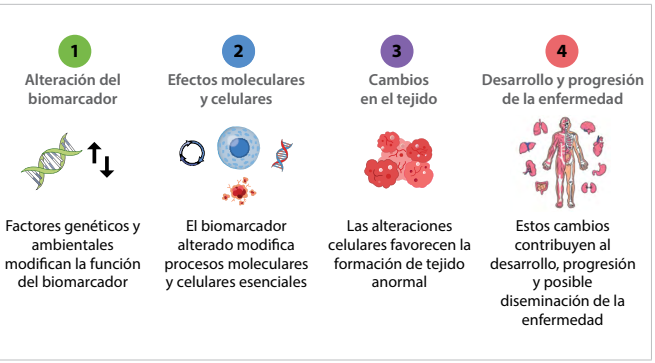


Figura 1. Papel de los biomarcadores en la progresión de la enfermedad. La alteración de un biomarcador puede modificar procesos moleculares y celulares, generar cambios en el tejido, favorecer el desarrollo, la progresión y la posible diseminación de la enfermedad.

De esta manera, cuando la expresión de un biomarcador se modifica, también pueden alterarse los procesos biológicos asociados, favoreciendo el inicio o desarrollo de una enfermedad (Figura 1).

Como se puede observar, la validación de un biomarcador no es tarea fácil ni rápida. Cada persona es única, y una misma enfermedad no se manifiesta exactamente igual en todos los pacientes. Un indicador que parece muy prometedor en las primeras pruebas de laboratorio puede no funcionar de la misma manera en otras poblaciones o en etapas distintas de la condición. Además, aspectos como la genética de cada individuo, su estilo de vida o incluso la forma en que se recolectan y analizan las muestras en el laboratorio pueden cambiar los resultados. Por eso, antes de que una prueba médica llegue a los hospitales y sea completamente segura, debe superar múltiples estudios que demuestren su precisión y confiabilidad.

La validación clínica de biomarcadores oncológicos es un proceso prolongado y complejo. El desarrollo de un biomarcador hasta su aplicación clínica puede requerir al menos 10 años. Un ejemplo es el antígeno prostático específico (PSA), que tardó aproximadamente 6 años en obtener la aprobación para el seguimiento del cáncer de próstata y otros 8 años para su uso en la detección [20]. Aunque las nuevas tecnologías han facilitado el descubrimiento de biomarcadores, su aplicación clínica continúa enfrentado dificultades con la validación, los costos y los requisitos regulatorios. Por ello, el desarrollo de biomarcadores requiere tiempo, investigación y colaboración entre diferentes especialistas.

CONCLUSIÓN

En resumen, los biomarcadores pueden ser verdaderos aliados de la evaluación médica, pues permiten determinar la presencia o no de la enfermedad. Al combinar esta información con datos genéticos, epidemiológicos y pruebas de gabinete clásicas, es posible tomar mejores decisiones para la detección, el diagnóstico, el pronóstico y la selección de tratamientos. El establecimiento de un biomarcador de laboratorio y su aplicación a la clínica requiere un camino riguroso de investigación y validación que garantice su confiabilidad, reproducibilidad y utilidad en distintas poblaciones. Si bien este proceso puede tomar varios años, aquellos que logran superar estos desafíos representan herramientas clave para comprender mejor las enfermedades y avanzar hacia una medicina cada vez más personalizada.

REFERENCIAS

[1] World Health Organization, "Global status report on cancer 2026: The future we choose together", World Health Organization Ginebra, Suiza, 2026. [En línea] Disponible: https://www.who.int/publications/i/item/9789240123977

[2] National Cancer Institute. "Understanding cancer". Cancer.gov. [En línea]. Disponible: https://www.cancer.gov/about-cancer/understanding

[3] A. B. Chen *et al.*, "Palliative radiation therapy practice in patients with metastatic non-small-cell lung cancer: A Cancer Care Outcomes Research and Surveillance Consortium (CanCORS) study", *J. Clin. Oncol.*, vol. 31, n.º 5, pp. 558-564, feb. 2013, doi: 10.1200/jco.2012.43.7954.

[4] A. P. S. Sandhu *et al.*, "Decoding cancer risk: Understanding gene-environment interactions in cancer development", *Cureus*, vol. 16, n.º 7, art. e64936, jul. 2024, doi: 10.7759/cureus.64936.

[5] S. Das, M. K. Dey, R. Devireddy y M. R. Gartia, "Biomarkers in cancer detection, diagnosis y prognosis", *Sensors*, vol. 24, n.º 1, art. 37, 2024, doi: 10.3390/s24010037.

[6] K. Purkayastha *et al.*, "The issues and challenges with cancer biomarkers", *J Cancer Res Ther*, vol. 19, supl. 1, pp. S20-S35, 2023, doi: 10.4103/jcrt.jcrt_384_22.

[7] N. H. Esfandari y M. Papaleontiou, "Biochemical testing in thyroid disorders", *Endocrinol Metab Clin North Am*, vol. 46, n.º 3, pp. 631-648, sept. 2017, doi: 10.1016/j.ecl.2017.04.002.

[8] D. B. Sacks *et al.*, "Guidelines and recommendations for laboratory analysis in the diagnosis and management of diabetes mellitus", *Diabetes Care*, vol. 46, n.º 10, pp. e151-e199, 2023, doi: 10.2337/dci23-0036.

[9] S. A. Butler, S. A. Khanlian y L. A. Cole, "Detection of early pregnancy forms of human chorionic gonadotropin by home pregnancy test devices", *Clinical Chemistry*, vol. 47, n.º 12, pp. 2131-2136, 2001, doi: 10.1083/clinchem/47.12.2131.

[10] M.Partidar, S. Agrawal, F. Parveen y P. Khare, "Molecular insights of saliva in solving paternity dispute", *J. Forensic Dent. Sci.*, vol. 7, n.º 1, pp. 76-79, en.-abr. 2015, doi: 10.4103/0975-1475.150325.

[11] K. C. Wai, M. P. Strohl, A. van Zante y P. K. Ha, "Molecular diagnosis in human papillomavirus-related head and neck squamous cell carcinoma", *Cells*, vol. 9, n.º 2, art. 500, feb. 2020, doi: 10.3390/cells9020500.

[12] J. M. Vindeirinho, E. Pinho, N. F. Azevedo y C. Almeida, "SARS-CoV-2 diagnostics based on nucleic acids amplification: From fundamental concepts to applications and beyond", *Front. Cell. Infect. Microbiol.*, vol. 12, art. 799678, mar. 2022, doi: 10.3389/fcimb.2022.799678.

[13] T. Y. Jin, K. S. Park, S. E. Nam, Y. B. Yoo, W. S. Park y I. J. Yun, "BRCA1/2 serves as a biomarker for poor prognosis in breast carcinoma", *Int J Mol Sci*, vol. 23, n.º 7, art. 3754, 2022, doi: 10.3390/ijms230737.

[14] X. Cheng, "A comprehensive review of HER2 in cancer biology and therapeutics", *Genes*, vol. 15, n.º 7, art. 903, 2024, doi: 10.3390/genes15070903.

[15] B. Rovcanin, S. Damjanovic, V. Zivaljevic, A. Diklic, M. Jovanovic y I. Paunovic, "The results of molecular genetic testing for RET pro-oncogene mutations in patients with medullary thyroid carcinoma in a referral center after the two-decade period", *Hippokratia*, vol. 20, n.º 3, pp. 187-191, jul.-sept. 2016.

[16] NIH. "Pruebas de marcadores tumorales más comunes". Cancer.gov. [En línea]. Disponible: https://cancer.gov/espanol/cancer/diagnostico-estadificacion/diagnostico/lista-marcadores-tumorales

[17] F. Rousseau, C. Lindsay, Y. Labelle y Y. Giguere, "Measuring the chronology of the translational process of molecular genetic discoveries", *Clin Chem Lab Med*, vol. 57, n.º 8, pp. 1136-1141, 2019, doi: 10.1515/cclm-2018-1126.

[18] Z. Jiang, H. Zhang, Y. Gao y Y. Sun, "Multi-omics strategies for biomarker discovery and application in personalized oncology", *Mol Biomed*, vol. 6, art. 115, nov. 2025, doi: 10.1186/s43556-025-00340-0.

[19] F. S. Ou, S. Michiels, Y. Shyr, A. A. Adjei y A. L. Oberg, "Biomarker discovery and validation: Statistical considerations", *J Thorac Oncol*, vol. 16, n.º 4, pp. 537-545, abr. 2021, doi: 10.1016/j.jtho.2021.01.1616.

[20] M. P. Pavlov, E. P. Diamandis y I. M. Blasuting, "The long journey of cancer biomarkers from the bench to the clinic", *Clin Chem*, vol. 59, n.º 1, pp. 147-157, 2013, doi: 10.1373/clinche.2012.184614.