

<https://doi.org/10.69639/arandu.v12i1.758>

## **Aplicaciones de la biotecnología en el diagnóstico temprano del cáncer mediante biomarcadores moleculares: Una revisión sistemática**

*Applications of biotechnology in early cancer diagnosis using molecular biomarkers: A systematic review*

**Alexander David Demera Chica**

[demera-alexander6230@unesum.edu.ec](mailto:demera-alexander6230@unesum.edu.ec)

<https://orcid.org/0009-0002-9204-3165>

Universidad Estatal Del Sur De Manabí

Jipijapa-Manabí-Ecuador

**Jhem Evander Holguín Plúas**

[holguin-jhem4527@unesum.edu.ec](mailto:holguin-jhem4527@unesum.edu.ec)

<https://orcid.org/0009-0008-6550-5516>

Universidad Estatal Del Sur De Manabí

Jipijapa-Manabí-Ecuador

**Carlos Pedro Marcillo Carvajal**

[carlos.marcillo@unesum.edu.ec](mailto:carlos.marcillo@unesum.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0002-2586-1486>

Universidad Estatal Del Sur De Manabí

Jipijapa-Manabí-Ecuador

**Anthony Miguel Baquerizo Freire**

[baquerizo-anthony8052@unesum.edu.ec](mailto:baquerizo-anthony8052@unesum.edu.ec)

<https://orcid.org/0009-0005-2955-4562>

Universidad Estatal Del Sur De Manabí

Jipijapa-Manabí-Ecuador

**Sara Noemi Vidal Rosillo**

[vidal-sara3585@unesum.edu.ec](mailto:vidal-sara3585@unesum.edu.ec)

<https://orcid.org/0009-0007-8388-1278>

Universidad Estatal Del Sur De Manabí

Jipijapa-Manabí-Ecuador

*Artículo recibido: 10 enero 2025*

*- Aceptado para publicación: 20 febrero 2025*

*Conflictos de intereses: Ninguno que declarar*

### **RESÚMEN**

El cáncer es una de las principales razones de deceso en los seres humanos, su complejidad reside en los diversos tipos tumorales y las vías moleculares asociadas a diversos tipos de carcinomas, según la Organización Panamericana de la Salud (OPS). Objetivo: analizar las aplicaciones de la biotecnología en el diagnóstico temprano del cáncer mediante biomarcadores moleculares. Metodología: este estudio es una síntesis de material bibliográfico de tipo descriptivo, caracterizada por su diseño sistemático, para la búsqueda de información se utilizaron bases científicas como Pubmed, Google Académico, Elsevier, Dialnet, Springer, etc., empleando operadores booleanos como AND, OR y MESH. Se tomaron en consideración 250 estudios para el desarrollo de los resultados. Finalmente, para la realización total de la investigación se mantuvieron 57 artículos evidenciados en el diagrama de flujo PRISMA. Resultados: los

biomarcadores moleculares como el mRNA sérico y ctDNA son atribuido en el diagnóstico de múltiples cánceres, permitiendo visualizar cambios reflejados en la expresión genética que están asociado a la metástasis, se pudo observar que las pruebas basadas en PCR y qRT-PCR son las más empleadas en la detección de cánceres. Marcadores biotecnológicos como miR-21 (MicroRNA-21), TP53 y MYC han influido de manera efectiva en la evaluación diagnóstica y evolutiva de afecciones como el cáncer bucal, laríngeo, pulmonar y de mama. Conclusión: la especificidad y sensibilidad de los biomarcadores moleculares y marcadores biotecnológicos han evidenciado la alta precisión de estas pruebas diagnósticas, volviéndolas eficaces para el diagnóstico temprano de múltiples cánceres, técnicas como PCR y qRT-PCR han permitido el diagnóstico y manejo de enfermedades cancerosas.

*Palabras claves:* biotecnología, cáncer, diagnóstico, biomarcadores moleculares, sensibilidad diagnóstica

### ABSTRACT

Cancer is one of the main causes of death in humans, its complexity lies in the different tumor types and molecular pathways associated with various types of carcinomas, according to the Pan American Health Organization (PAHO). Objective: to analyze the applications of biotechnology in the early diagnosis of cancer through molecular biomarkers. Methodology: this study is a descriptive synthesis of bibliographic material, characterized by its systematic design. For the search for information, scientific databases such as Pubmed, Google Scholar, Elsevier, Dialnet, Springer, etc. were used, employing Boolean operators such as AND, OR and MESH. 250 studies were taken into consideration for the development of the results. Finally, for the total realization of the research, 57 articles were maintained as evidenced in the PRISMA flow chart. Results: Molecular biomarkers such as serum mRNA and ctDNA are attributed in the diagnosis of multiple cancers, allowing to visualize changes reflected in genetic expression that are associated with metastasis, it was observed that tests based on PCR and qRT-PCR are the most used in the detection of cancers. Biotechnological markers such as miR-21 (MicroRNA-21), TP53 and MYC have effectively influenced the diagnostic and evolutionary evaluation of conditions such as oral, laryngeal, lung and breast cancer. Conclusion: The specificity and sensitivity of molecular biomarkers and biotechnological markers have shown the high precision of these diagnostic tests, making them effective for the early diagnosis of multiple cancers, techniques such as PCR and qRT-PCR have allowed the diagnosis and management of cancerous diseases.

*Keywords:* biotechnology, cancer, diagnosis, molecular biomarkers, diagnostic sensitivity

Todo el contenido de la Revista Científica Internacional Arandu UTIC publicado en este sitio está disponible bajo licencia Creative Commons Attribution 4.0 International. 

## INTRODUCCIÓN

El Cáncer es un concepto generalizado designado para referirnos a las alteraciones celulares que pueden incidir en cualquier parte del organismo (1). Esta enfermedad genética surge con la alteración de los genes que controlan la formación y multiplicación de las células, lo cual ocasiona su diseminación en otras partes del cuerpo (2). Su complejidad reside en los diversos tipos tumorales y las vías moleculares asociadas a diversos tipos de carcinomas (3). El Instituto Nacional del Cáncer (NIH) indica que la incidencia del cáncer en las próximas décadas se incrementará de forma significativa superando los 29,9 millones de casos y alrededor de 15,3 millones de muertes para el 2040 (4).

Los biomarcadores son anomalías moleculares o bioquímicas que podemos cuantificar en diferentes medios biológicos como las células, proteínas, fluidos corporales o tejidos (5). Los biomarcadores moleculares han surgido como herramientas primordiales favoreciendo al desarrollo de tecnologías para mejorar la detección temprana de esta enfermedad (6). Los biomarcadores moleculares permiten reconocer los cambios específicos relacionados al cáncer facilitando diagnósticos precisos y tratamientos amoldados a la morfología de cada tumor (7).

Este enfoque biotecnológico representa un cambio paradigmático en el manejo del cáncer, subrayando la importancia de la investigación y desarrollo en este ámbito para enfrentar uno de los mayores desafíos de salud pública a nivel global. El cáncer de mama tiene una prevalencia que abarca desde el 14,31% hasta el 74%, considerada la más frecuente a nivel mundial (8). La detección temprana de estas alteraciones en la morfológicas de las células aumenta la supervivencia de los pacientes diagnosticados (9).

El cáncer es una de las principales razones de deceso en los seres humanos, en las Américas, según La organización Panamericana de la salud (OPS) (10), el año 2022, fue motivo de 1,4 millones de decesos, un 45,1% de estos fallecimientos fue en personas de 69 años de edad, se proyecta que en la región de las Américas aumentaría hasta los 6,7 millones para el año 2045. El cáncer de pulmón representa a nivel latinoamericano una tasa de prevalencia que va desde el 2% hasta el 85%. (11,12). En la población adulta femenina el cáncer de mama es el más prevalente con un (65%) (13).

En Ecuador, de acuerdo con los datos más recientes de la Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer del año 2012, se registraron cerca de 23.000 casos nuevos de cáncer en personas de ambos sexos. La incidencia fue ligeramente mayor en mujeres, con 169 casos por cada 100.000 habitantes, en comparación con los hombres, que presentaron una tasa de 162 por cada 100.000 habitantes (14).

A nivel nacional, el cáncer sigue siendo una de las principales causas de mortalidad, con un diagnóstico frecuentemente realizado en etapas avanzadas, lo que limita las opciones terapéuticas (15). La integración de biomarcadores moleculares en la práctica clínica nacional

podría reducir significativamente estos índices, permitiendo un diagnóstico más temprano y un manejo más eficaz de la enfermedad. Aunque la biotecnología es un campo en desarrollo del país, existen esfuerzos por incluir tecnologías como la secuenciación genómica y los ensayos de expresión génica en la detección de cáncer más prevalentes (16).

La biotecnología ha evolucionado el diagnóstico temprano del cáncer a través de biomarcadores moleculares, facilitando la detección de alteraciones genéticas y epigenéticas específicas en etapas iniciales (17). El uso de tecnologías como la PCR cuantitativa u biosensores permite identificar biomarcadores asociados a diversos tipos de tumores, mejorando la sensibilidad y especificidad del diagnóstico. A nivel internacional la implementación de estos biomarcadores en plataformas de diagnóstico está permitiendo una mayor personalización de los tratamientos oncológicos, optimizando la selección de terapias dirigidas (18,19).

Este estudio tiene el propósito de analizar los biomarcadores empleados en el diagnóstico y monitoreo de múltiples cánceres y comprender los mecanismos moleculares subyacentes al cáncer, incluyendo las mutaciones en genes supresores de tumores y oncogenes (20). Estos biomarcadores no solo sirven para la detección temprana, sino también para predecir la respuesta a tratamientos específicos, lo que refuerza la medicina de precisión (21). La aplicación de tecnología de biotecnologías como la CRISPR y los microARN en la identificación y la validación de nuevos biomarcadores ha sido fundamental para mejorar las estrategias diagnósticas (22). Por esta razón, se formula la siguiente pregunta: ¿Cómo ha revolucionado la biotecnología el diagnóstico temprano del cáncer mediante la aplicación de biomarcadores moleculares, y cuáles son los más destacados de acuerdo a los estudios actuales?

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Diseño y tipo de estudio**

Este estudio es una síntesis de material bibliográfico de tipo descriptivo, caracterizada por su diseño sistemático de artículos originales.

### **Criterios de elegibilidad:**

#### **Criterios de inclusión:**

Para la fomentación y la obtención de datos relevantes para este estudio, se integra lo siguiente:

- Documentos con estructura metodológica completa.
- Artículos que hayan sido indexados a bases investigativas desde el 2021 hasta el 2025.
- Estudios dirigidos y experimentados en humanos.
- Información textual de sitios Webs verificados por metodología científica.
- Artículos con acceso directo y sin requisitos de pago.

#### **Criterios de exclusión:**

- Estudios con una procedencia dudosa.

- Artículos incompletos y sin acceso directo.
- Estudios realizados en animales.
- Tesis de pregrado.
- Artículos publicados en los años anteriores al establecido.

### Análisis de información y estrategia de búsqueda

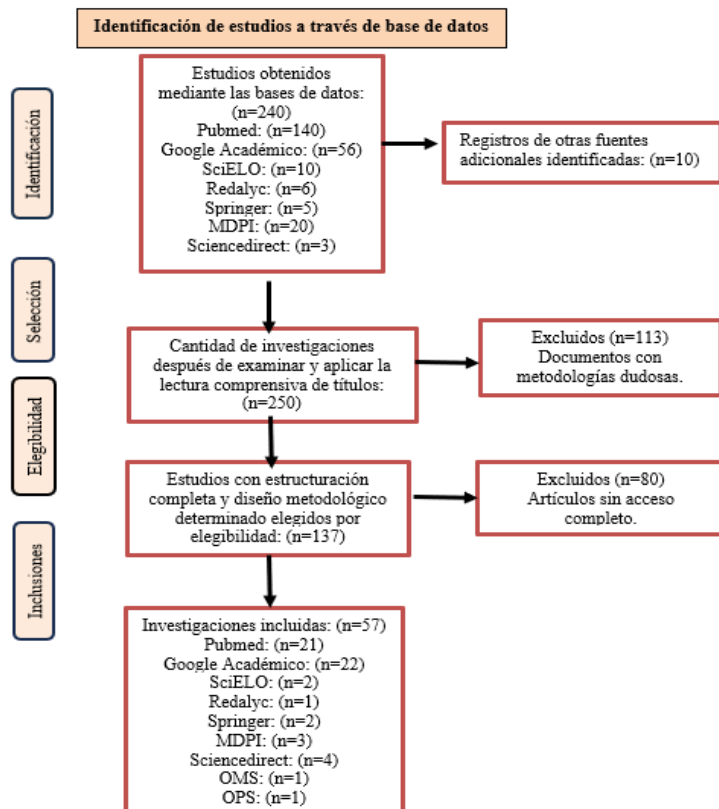
El estudio hizo uso de herramientas investigativas para la adquisición de datos relevantes mediante publicaciones lanzadas a bases científicas en 2021 y 2025, anexadas en distintas bases de datos como Pubmed, Google Académico, Elsevier, Dialnet, Springer, etc.

La estrategia de búsqueda se llevó a cabo utilizando palabras claves como «Biomarcadores moleculares»; «Diagnóstico temprano»; «Cáncer»; «Sensibilidad diagnóstica»; «Especificidad» y términos booleanos como “AND, OR, y MeSH”.

### Selección de estudio y obtención de información

Después de la búsqueda inicial, se realizó una lectura crítica de los resultados obtenidos, seleccionando información pertinente al tema. Se encontraron 240 artículos que fueron seleccionados de acuerdo a los criterios de elegibilidad. Luego del análisis comprensivo de estudios, se realizó una revisión de manera independiente para eliminar artículos que no contengan información compatible con las variables de la investigación. Se tomaron en consideración 250 estudios para el desarrollo de los resultados. Finalmente, para la realización total de la investigación se mantuvieron 57 artículos (Fig. 1).

**Figura 1**  
Diagrama de flujo PRIMA



## Consideraciones éticas

Este estudio cumple con las normativas éticas aplicables, protegiendo la confidencialidad de los datos revisados y respetándose derechos del autor mediante el uso adecuado de citas y referencias según las normas Vancouver. El manejo ético de la información asegura la integridad del proceso investigativo y de los hallazgos presentados.

## RESULTADOS

**Tabla 1**

*Biomarcadores moleculares empleados en la identificación de cánceres*

Autores/ Ref.	Año	Tipo de estudio	Lugar	Nº de casos	Cáncer	Biomarcador
Gurioli, y col. (23)	2022	Prospectivo de cohorte	Italia	74 pacientes con mCRPC	Cáncer de Próstata	AR-V7
Liu, y col. (24)	2022	Observacional prospectivo	China	45 pacientes con CPNM	Cáncer de pulmón no microcítico	PD-1/PD-L1
Vanarsa, y col. (25)	2023	Observacional de validación	Estados Unidos	73 pacientes con BC	Cáncer de vejiga	NMP22
Mitsunaga, y col. (26)	2025	Observacional analítico multicéntrico	Japón	1,428 pacientes con PBca	Cáncer Pancreatobiliar	mRNA sérica
Xie, y col. (27)	2024	Retrospectivo	Varios	805 pacientes con ES-SCLC	Cáncer de Pulmón	PD-L1
Zhau, y col. (28)	2023	Transversal de tipo descriptivo	China	805 pacientes con NSCLC	Cáncer de Pulmón	PD-L1
Lin, y col. (29)	2022	De cohorte	España	612 pacientes con IDC	Cáncer de Mama	ERBB2 (HER2)
Hugosson, y col. (30)	2022	Descriptivo con enfoque cuantitativo	Suecia	37,887 pacientes sin diagnosticar	Cáncer de Próstata	PSA
Nakamura, y col. (31)	2024	Observacional Prospectivo	Japón	2,240 pacientes con estadio II-III- IV de CRC	Cáncer Colorrectal	ctDNA
Yang, y col. (32)	2021	Transversal con enfoque cuantitativo	China	291 pacientes con HCC	Carcinoma Hepatocelular	AKT/CyclinD1/p21/p27

**Análisis e interpretación.** La tabla 1 nos evidencia información sobre estudios, de los cuales se han enfocado en la identificación de biomarcadores moleculares en distintos tipos de cánceres. De acuerdo a los datos encontrados se pueden identificar receptores de señalización y puntos de control inmunológicos, marcadores hormonales, de crecimiento celular, biomarcadores genéticos y epigenéticos. Dentro de los receptores de señalización se ha podido encontrar controles especificados, tales como el PD-1/PDL1, los cuales son empleados en enfermedades como el cáncer de pulmón no microcítico (CPNM) y el cáncer de pulmón de células pequeñas en estudios avanzados. Por otra parte, los biomarcadores hormonales y de crecimiento celular fueron utilizados con efectividad en el cáncer de próstata y mama, ya que están relacionados con la proliferación celular descontrolada, entre los biomarcadores se identificaron el AR-V7, ERBB2 y a PSA. Por último, se pudieron encontrar biomarcadores moleculares como el tDNA, mRNA, AKT/CyclinD1/p21/p27 y NMP22. El ctDNA es aplicado en el cáncer colorrectal, permitiendo evaluar la presencia de mutaciones. Asimismo, el mRNA sérico, es atribuido en el cáncer hepatobiliar, permitiendo visualizar cambios reflejados en la expresión genética que están asociado a la metástasis. El conjunto de AKT/CyclinD1/p21/p27 están involucrados en la regulación del ciclo celular y la progresión continua de los carcinomas hepatocelular. El marcador NMP22, es un biomarcador urinario, el cual detecta la presencia de células tumorales, asociados con el cáncer de vejiga. Dentro de la información recopilada existe una biodiversidad de biomarcadores aplicados que juegan un papel fundamental dentro del diagnóstico y monitoreo de distintos tipos de cánceres.

**Tabla 2**

*Técnicas biotecnológicas empleados en el diagnóstico temprano del cáncer*

Autores/Ref.	Año	Tipo de estudio	Lugar	Muestra	cáncer	Técnica
Klein, y col. (33)	2021	Prospectivo, observacional con seguimiento longitudinal	Estados Unidos	15,254 participantes (8584 con cáncer; 6670 sin cáncer)	Cáncer múltiple (más de 50 tipos)	MCED basada en la metilación del cfDNA.
Xie, y col. (34)	2021	Observacional Retrospectivo	China	110 pacientes con C34	Cáncer de pulmón	Métodos LC-MS y aprendizaje automatizado.
Jang, y col. (35)	2021	Experimental con enfoque analítico	Corea del Sur	226 pacientes con IDC	Cáncer de mama	miRNA por PCR.
Sullivan, y col. (36)	2021	Descriptivo, retrospectivo	Escocia	12,208 pacientes	Cáncer de pulmón	Prueba sanguínea EarlyCDT®-Lung (ELISA).
Rebolj, y col. (37)	2022	Observacional	Reino Unido	173,402 pacientes	Cáncer cervical	Prueba de HPV de alto riesgo (HR-HPV) y LBC.
Fahrman, y col. (38)	2021	Cohorte Observacional	Estados Unidos	1,050 pacientes	Cáncer pancreático	Inmunoensayo, Detección de CA19-9.

Li, y col. (39)	2022	Observacional	China	224 pacientes	Cáncer de vejiga	qRT-PCR.
Nicholson, y col. (40)	2023	Cohorte observacional	Inglaterra	6,238 pacientes	Múltiples tipos de Cánceres	Análisis de cfDNA mediante MCED.
Chen, y col. (41)	2024	Observacional	China	360 pacientes	Cáncer de Hígado	ELISA.
Bryce, y col. (42)	2023	Descriptivo, retrospectivo con enfoque cuantitativo	Estados Unidos	5,254 pacientes	Múltiples tipos de Cáncer	Análisis de cfDNA

**Análisis e interpretación.** La tabla 2 nos presenta técnicas biotecnológicas sobresalientes para el diagnóstico temprano del cáncer. Dentro de los cuales tenemos el análisis de metilación de ADN libre circundante, utilizado en múltiples tipos de cánceres, convirtiéndolo en una técnica comprometedor para la detección temprana y de amplio espectro. También se pueden observar métodos de espectrometrías de masa que permiten la identificación y cuantificación de biomarcadores proteicos. De la misma manera, se pueden observar pruebas basadas en PCR y qRT-PCR, siendo estas las que empleadas en la detección de alteraciones genéticas y de expresión génica. Por último, biomarcadores como miRNA y proteínas (CA19-9), las cuales son técnicas más específicas y eficaces. Se debe tener en cuenta que el enfoque de detección de varios estudios fue de detección temprana, estuvieron enfocados en pacientes asintomáticos o en etapas iniciales de la enfermedad. Dichas técnicas se caracterizan por tener un enfoque en la detección precoz, amplio espectro de aplicación y validación de cohortes amplias en pacientes.

### Tabla 3

*Beneficios y limitaciones de marcadores biotecnológicos en el diagnóstico temprano de cánceres*

Autores/Ref.	Año	Tipo de estudio	Lugar	Marcador	Cáncer	Beneficios	Limitaciones
Xiao, y col. (43)	2022	Descriptivo con enfoque cuantitativo	China	Multi-ómica	Cáncer de ovario	Ha aumentado el conocimiento sobre la enfermedad e identificado características valiosas en el diagnóstico temprano y la evaluación clínica.	Costos elevados debido a la maquinaria de alta complejidad. Presenta una alta sensibilidad a agentes patógenos del exterior. Complejidad en la interpretación de los resultados obtenidos.



Kandolf, y col. (44)	2024	Observación de tipo retrospectivo	Europa	S100B	Cáncer cerebral	Ayuda al diagnóstico preciso y preventivo de melanomas o tumores cerebrales, asimismo, examina cualquier daño neurológico.	Puede presentar una especificidad muy baja. Si es evidente la confirmación con ese biomarcador, se debe de confirmar mediante otros métodos sensibles.
Gattuso, y col. (45)	2022	Retrospectivo	Italia	miR-21 (MicroRNA-21)	Cáncer bucal	Se ha empleado con efectividad en terapias combinadas para respuestas inmediatas sobre el estado del cáncer.	Es altamente sensible, pero puede alterar la interpretación y reproducibilidad de los análisis.
Grassadonia, y col. (46)	2022	Descriptivo con enfoque analítico	Asia	HER2/neu (ERBB2)	Cáncer gástrico	Identifica con facilidad sucesos de sobreexpresión de receptación, permitiendo un diagnóstico preciso en la evaluación de tumores en el estómago.	Puede presentar versiones de similitudes en la expresión del tumor, lo cual podría afectar la eficacia en individuos diagnosticados previamente con cáncer gástrico.
Falco, y col. (47)	2022	Observación, retrospectivo y descriptivo	Italia	TP53	Cáncer laríngeo	Permite la identificación de alteraciones en el gen tumoral, facilitando el diagnóstico de la enfermedad.	Presenta un impacto de sensibilidad en múltiples cánceres, perjudicando el diagnóstico preciso y temprano del cáncer laríngeo en específico.
Krasniqi, y col. (48)	2024	De cohorte, transversal y retrospectivo	Italia	MYC	Cáncer de mama y pulmón	Su efectividad asegura el diagnóstico preciso y el monitoreo en presencia de tumores malignos. Ayuda en la evaluación de pronósticos, permitiendo el	Su sensibilidad puede expresar alteraciones en presencia de otros cánceres que influyan en el mecanismo de este biomarcador.

						tratamiento adecuado.	
Camacho-Sánchez, y col. (49)	2023	Transversal de tipo descriptivo	Costa Rica	MicroARN en conjunto con la hormona "BETA HCG".	Cáncer pancreático y prostático	La especificidad de esta hormona funciona como un biomarcador en combinación con el análisis de MicroARN.	Puede evidenciar una especificidad baja en procesos cancerosos avanzados con etapas críticas, lo cual perjudica su pronóstico en la presencia de la enfermedad.
Martínez-González, y col. (28)	2021	Observación al con enfoque cuantitativo	México	Hibridación in situ fluorescente (FISH)	Cáncer de mama	Permite obtener la ubicación y presencia de alteraciones, amplificando de manera efectiva el estudio de la enfermedad.	El precio del análisis limita de manera mayoritaria a muchos individuos con esta enfermedad, perjudicando su calidad de vida.
Marassi, y col. (51)	2023	Transversal, retrospectivo y descriptivo	Bolonia	Metaloproteinas a-9 (MMP-9)	Cáncer de colon	Es efectivo en etapas iniciales del cáncer, permitiendo el tratamiento correspondiente para mitigar el desarrollo de esta alteración.	Diferentes mecanismos fisiológicos pueden alterar el diagnóstico exacto del biomarcador, provocando resultados falsos positivos.
Diana, y col. (52)	2023	Documental y retrospectivo	Europa	CXCL12	Cáncer de células renales	Los niveles elevados en el diagnóstico de la enfermedad indican el nivel de complejidad del tumor, permitiendo el seguimiento adecuado para posteriormente, ajustar el tratamiento.	Ciertos procesos inflamatorios o cambios biológicos pueden perjudicar los resultados precisos del biomarcador, limitando su efectividad por completo.

**Análisis e interpretación.** La tabla 3 demuestra una serie de estudios originales que evidencian los beneficios y limitaciones de los marcadores biotecnológicos. En Italia se han realizado estudios enfocados en este tipo de biomarcadores en su mayoría, implementado técnicas efectivas y sensibles para el diagnóstico adecuado de cánceres. Entre los beneficios de los biomarcadores se ha podido identificar que la sensibilidad parcial y equitativa que estas herramientas diagnósticas es beneficiosa para la detección específica de la enfermedad en el

individuo. Marcadores biotecnológicos como miR-21 (MicroRNA-21), TP53 y MYC han influido de manera efectiva en la evaluación diagnóstica y evolutiva de afecciones como el cáncer bucal, laríngeo, pulmonar y de mama. Pero, estas herramientas biotecnológicas a través de los años y del estudio amplio de las evoluciones de cánceres se ha podido identificar diferentes limitaciones que interfieren en la utilidad eficaz de diagnóstico como el costo elevado de los análisis y maquinaria, su alta sensibilidad puede identificar diferentes alteraciones y no la de enfoque en específico, varios procesos fisiológicos pueden influenciar en el análisis y pueden perjudicar los valores del biomarcador o dar un falso positivo. En Asia, mediante un estudio descriptivo con enfoque analítico se pudo detectar que el marcador biotecnológico HER2/neu (ERBB2) demostró ser sensible y específico para el cáncer gástrico, presentado beneficios en el diagnóstico temprano, permitiendo el tratamiento adecuado para los individuos que conviven o presentan sintomatología en etapas primarias de la enfermedad. No cabe duda que el análisis y estudio profundizado de estas enfermedades es importante, especialmente utilizando herramientas diagnósticas como los marcadores biotecnológicos.

## DISCUSIÓN

El cáncer es una de las principales causas de fallecimiento en todo el mundo. Su diagnóstico y monitoreo ha perjudicado a millones de individuos por la complejidad diagnóstica temprana y precisa. La identificación de las alteraciones ha sido importante para optimizar la calidad de vida de los individuos que padecen de estas enfermedades, ya que el cáncer provoca daño a tejidos y órganos esenciales para el funcionamiento total del organismo. Los biomarcadores moleculares y los marcadores biotecnológicos han evidenciado su potencialidad y especificidad a través de pruebas analíticas, lo cual ha mitigado el diagnóstico tardío y no específico.

De acuerdo a los biomarcadores moleculares en la identificación de cánceres han evidenciado ser específicos y determinantes en la evaluación cancerosa. Entre los hallazgos, biomarcadores moleculares el PD-1/PDL1, el cual es aplicado en enfermedades como el cáncer de pulmón y la alteración de las células pequeñas en investigaciones profundas. la evaluación del cáncer de próstata y mama son los que más han impactado al ser humano y mediante estudios moleculares se ha podido identificar que el AR-V7, ERBB2 y PSA total, libre y su relación, han ayudado a estudiar y diagnosticar estos trastornos (23,29,27,30).

Estos hallazgos concuerdan con la investigación de Li, y col. (53) realizada en China en el 2024, donde se enfocaron en varios tipos de cánceres y en la implementación de técnicas moleculares, demostrando que estas han facilitado el diagnóstico de anomalías en órganos fundamentales para el equilibrio vital dentro del organismo, los autores resaltan la efectividad de biomarcadores moleculares hormonales como AKT, AR-V7 y PSA Total y Libre, han permitió el diagnóstico de cáncer de mama, ovario, páncreas y próstata. De la misma manera, el estudio de Kannan, y col. (54) efectuado en Maldivas en el año 2022, concuerda con los resultados

encontrados al evaluar a una población con cáncer pancreático diagnosticadas mediante marcadores sin una especificidad exacta. Pero, al aplicar biomarcadores moleculares determinaron que, la aplicación del diagnóstico molecular es efectivo y sensible a alteraciones celulares y de tejidos que pueden perjudicar de manera crítica a la población mundial.

Por otra parte, las técnicas biotecnológicas representan un beneficio amplio en el diagnóstico y control de enfermedades cancerosas por su alta especificidad en el diagnóstico de cáncer de ovario, cervical, pulmón, hígado y mama. Especificando las técnicas de análisis de ADN de las células afectadas, transformando estas técnicas en herramientas de detección en el tiempo adecuado. Se obtuvo que la PCR y qRT-PCR, demostrando que estas técnicas son las más aplicadas en trastornos genéticos y cancerosos (35,39,40).

Estos resultados coinciden con el estudio de Schneider, y col. (55) realizado en Reino Unido en el año 2022, donde evalúan a una población de 450 mujeres que fueron previamente diagnosticadas con cáncer en las glándulas mamarias, las cuales presentan diferentes anomalías reflejadas en las células del tejidos y en la evaluación de comportamientos anormales ubicado en el material genético adquirido mediante técnicas moleculares y herramientas biotecnológicas como métodos de diagnóstico. Estos dieron resultados productivos y beneficiosos para la población involucrada para posteriormente sean tratados con el tratamiento específico y veraz. Asimismo, Lin, y col. (56) en su investigación realizada en China y publicada en el año 2024, demostró que la utilidad de las técnicas biotecnológicas es sorprendente, ya que facilitó el diagnóstico de enfermedades cancerosas, empleando técnicas como ELISA, Inmunoensayo de CA19-19 Y miRNA por PCR, todas estas técnicas facilitaron el diagnóstico temprano de anomalías diversas en las poblaciones con presencia de cánceres.

En el caso de los beneficios y limitaciones de los marcadores, se pudo obtener que marcadores biotecnológicos tienen una alta sensibilidad a las anomalías presentes en las células del organismo, son capaces de identificar con facilidad y determinar el cáncer o enfermedad que el individuo pueda presentar en etapas iniciales. Es importante mencionar también las limitaciones que estos demuestran ante diferentes cambios patológicos o fisiológicos que el ser humano presente, dificultando la capacidad del marcador al identificar anomalías en diferentes tejidos u órganos (28,29,30).

Estas observaciones coinciden con la investigación de McGrail, y col. (57) realizada en Estados Unidos en el año 2021, evidenció que los biomarcadores moleculares y marcadores o técnicas biotecnológicas son efectivas y sensibles a diferentes trastornos presente en múltiples órganos esenciales para la locomoción del cuerpo humano, con esto se comprobó su utilidad y la gran variedad de componentes para el diagnóstico preciso y equitativo. Pero, se pudieron identificar que también presentan limitaciones como los precios elevados de las pruebas moleculares y biotecnológicas, la falta de equipos de alta gama y los falsos positivos que estas pruebas pueden arrojar ante la presencia de otras enfermedades.

No cabe duda que los biomarcadores moleculares y las técnicas biotecnológicas han demostrado ser específicas y determinantes en el diagnóstico de cánceres, pero, es pertinente seguir desarrollando investigación con un enfoque molecular y biotecnológico para seguir evidenciando su evolución y conocer los diferentes métodos empleados en la detección precisa de alteraciones mortales.

## CONCLUSIONES

Los biomarcadores moleculares son eficaces y precisos en el diagnóstico de múltiples cánceres que pueden ser mortales en la población global. Se ha podido identificar que los tipos de cánceres más frecuentes a nivel mundial son el cáncer de mama y prostático. Diferentes biomarcadores como el PD-1/PDL1, AR-V7, ERB2 y PSA han sido empleados en el diagnóstico y monitoreo de diferentes alteraciones celulares y asociadas a órganos. La alta especificidad de estos biomarcadores ha facilitado la detección temprana para implementar tratamientos especializados y pertinentes a la afección.

Las técnicas biotecnológicas son fundamentales para el proceso diagnóstico y monitoreo de cánceres terminales y de fases tempranas, proporcionando una clara visualización de alteraciones y mutaciones genéticas en el ADN. Técnicas como PCR y qRT-PCR han permitido el manejo de alteraciones como el cáncer de mama y de vejiga, es importante destacar que el avance de estas enfermedades puede resultar en diversas afecciones en órganos primarios, conduciendo a una muerte rápida.

Los beneficios de los marcadores biotecnológicos han evidenciado la alta especificidad de estas pruebas diagnósticas, ya que son eficaces en el diagnóstico temprano de anomalías que el organismo pueda presentar. Los altos costos de las pruebas moleculares y técnicas biotecnológicas pueden interferir en el diagnóstico preciso y temprano, debido a que la mayoría de la población mundial maneja una tasa económica baja y media, perjudicando de manera drástica el monitoreo y detección de fenómenos progresivos en el cuerpo humano.

## REFERENCIAS

- Organizacion Mundial de la Salud. OMS Cáncer. [Online]; 2022. Acceso 8 de enero de 2025. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cancer>.
- MedlinePlus. MedlinePlus Cáncer. [Online]; 2023. Acceso 8 de enero de 2024. Disponible en: <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/001289.htm>.
- Aldecoa F, Ávila J. La vía canónica PI3K/AKT/mTOR y sus alteraciones en cáncer. Horizonte Médico. 2021; 21(4): p. e1547.
- INSTITUTO NACIONAL DEL CÁNCER. NIH. Estadísticas del Cáncer. [Online]; 2024. Acceso 9 de enero de 2025. Disponible en: <https://www.cancer.gov/espanol/cancer/naturaleza/estadisticas>.
- Luna España C, Ramírez Niet M, Cuestas Grijalba A, Velasco Ortega M, Méndez Carvajal , Chamorro Solorzano T. Actualidad de los biomarcadores en los tumores más prevalentes en adultos y niños. Scientific & Education Medical Journal. 2021; 3(1): p. 29-49.
- Cárcamo L, Barake M, Astudillo F, López G, Thonet-Rodas P, Godoy JA, et al. Pruebas no invasivas para el tamizaje del cáncer colon: Fundamentos básico-clínicos y recientes avances biotecnológicos. Gastroenterol. latinoam. 2023; 34(1): p. 15-21.
- Criollo Guambo P, Cevallos Bonilla M. Nuevos biomarcadores urinarios en el diagnóstico y monitorización del cáncer. Polo del Conocimiento. 2024; 9(6): p. 713-729.
- Chilán Santana C, Loor Solórzano M, Loor Sánchez L, García Soledispa A, García Medina J, López Bailón N. Cáncer de Mama: prevalencia, factores de riesgo y signos en la población. Revista InveCom. 2024; 4(2): p. e040230.
- Torregroza-Diazgranados dJ, Torregroza-Castilla J. Fases del desarrollo de biomarcadores para la detección temprana del cáncer. Revista Colombiana de Cirugía. 2023; 38(4): p. 724-731.
- Organizacion Panamericana de la salud. OPS Cáncer. [Online]; 2022. Acceso 8 de enero de 2025. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cancer>.
- Zavala Hoppe N, Recalde Chávez Z, Saldarriaga-García J, Quiroz Villafuerte. Epidemiología y factores de riesgo asociados al cáncer de pulmón en los países de Latinoamérica y Europa. MQRInvestigar. 2024; 8(1): p. 1483-1499.
- Cajape González A, Ramírez Vélez L, Fuentes Sánchez E. Prevalencia y factores de riesgos del cáncer de pulmón: Una enfermedad letal y silenciosa. MQRInvestigar. 2023; 7(1): p. 2904-2928.

- García Andrade G, Mendoza Caldas V, Rivera Holguín B, Castro Jalca E. Epidemiología del cáncer: factores de riesgo, prevalencia y diagnóstico en la población adulta. *Revista Científica Higía de la Salud*. 2023; 8(1).
- Ortíz-Segarra J, Vega-Crespo B, Neira VA, Mora-Bravo N, Guerra-Astudillo O, Ortíz-Mejía R, et al. Knowledge and practices of cervical cancer prevention among women with histopathological lesions. Cuenca, Ecuador 2021. *Maskana*. 2021; 12(2): p. 4–10.
- Simbaña-Rivera K, Torres-Roman J, Challapa-Mamani R, Guerrero J, De la Cruz-Ku , et al. Regional disparities of prostate cancer mortality in Ecuador: an examination of trends and correlates from 2004 to 2019. *BMC Public Health*. 2023; 23: p. 992.
- Bautista-Valarezo E, Vega Crespo B, Maldonado-Renge M, Espinosa M, Neira N, Verhoeven. Knowledge and Perceptions about Cervical Cancer and HPV Screening in Women in Rural Areas of Ecuador: A Qualitative Research Study. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2022; 19(17): p. 11053.
- Marcelain K, Selman Bravo C, García Bloj B, Bustamante E, Fernández J, Gaete N, et al. Avances y desafíos locales en el diagnóstico molecular de tumores sólidos: una mirada sanitaria hacia la oncología de precisión en Chile. *Revista médica de Chile*. 2023; 151(10).
- Martínez González S, Martínez Rodríguez M. La aplicación de la biotecnología en el diagnóstico de enfermedades de importancia en salud pública en México. *Letras Verdes, Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*. 2021; 30.
- Gómez Rázuri K, Abad Licham M, Astigueta J, Moreno V. Cáncer de mama en el norte del Perú: subtipos moleculares y HER2 low. *Rev Peru Med Exp Salud Pública*. 2024; 41(1).
- Torregroza Diazgranados dJ, Torregroza Castilla J. Fases del desarrollo de biomarcadores para la detección temprana del cáncer. *Revista Colombiana de Cirugía*. 2023; 38(4).
- Guajardo Hernández U, Geisse Martínez F, Martí Bonmatí L, Gejman Enriquez R, Rojas Zalazar F. Marcadores Moleculares y Biomarcadores de Imagen. Importancia en el Avance Terapéutico de los Tumores Cerebrales Intraaxiales. *International Journal of Morphology*. 2021; 39(2).
- Zhang S, Sun K, Zheng R, Zeng W, Wang X, Chen R, et al. Cancer incidence and mortality in China, 2015. *Journal of the National Cancer Center*. 2021; 1(1): p. 2-11.
- Gurioli G, Conteduca V, Brighi N, Scarpi E, Basso U, Fornarini G, et al. Circulating tumor cell gene expression and plasma AR gene copy number as biomarkers for castration-resistant prostate cancer patients treated with cabazitaxel. *BMC Medicine*. 2022; 20(48): p. 48.

- Liu C, Yang L, Xu H, Zheng S, Wang Z, Wang S, et al. Systematic analysis of IL-6 as a predictive biomarker and desensitizer of immunotherapy responses in patients with non-small cell lung cancer. *BMC Medicine*. 2022; 20(187): p. 265.
- Vanarsa K, Castillo J, Wang L, Lee KH, Pedroza M, Lotan Y, et al. Comprehensive proteomics and platform validation of urinary biomarkers for bladder cancer diagnosis and staging. *BCM Medicine*. 2023; 21(133): p. 133.
- Mitsunaga S, Ikeda M, Ueno M, Kobayshi S, Tsuda M, Miki I, et al. Robust circulating microRNA signature for the diagnosis and early detection of pancreatobiliary cancer. *BCM Medicine*. 2025; 23(23): p. 23.
- Xie M, Vuko M, Rodriguez-Canales J, Zimmermann J, Schick M, O'Brien C, et al. Molecular classification and biomarkers of outcome with immunotherapy in extensive-stage small-cell lung cancer: analyses of the CASPIAN phase 3 study. *Molecular Cancer*. 2024; 23(115): p. 115.
- Zhou C, Huang D, Fan Y, Yu X, Liu Y, Shu Y, et al. Tislelizumab Versus Docetaxel in Patients With Previously Treated Advanced NSCLC (RATIONALE-303): A Phase 3, Open-Label, Randomized Controlled Trial. *Journal of Thoracic Oncology*. 2023; 18(1): p. 93-105.
- Lin U, Murthy RK, Abramson V, Anders C, Bachelot O, Bedard PL, et al. Tucatinib vs Placebo, Both in Combination With Trastuzumab and Capecitabine, for Previously Treated ERBB2 (HER2)-Positive Metastatic Breast Cancer in Patients With Brain Metastases. *Jama Network*. 2022; 9(1): p. 197-205.
- Hugosson J, Månsson M, Wallström J, Axcróna U, Carlsson SV, Egevad L, et al. Prostate Cancer Screening with PSA and MRI Followed by Targeted Biopsy Only. *The New England Journal of Medicine*. 2022; 387(23): p. 2126-2137.
- Nakamura Y, Watanabe J, Akazawa N, Hirata K, Kataoka K, Yokota M, et al. ctDNA-based molecular residual disease and survival in resectable colorectal cancer. *Nature Medicine*. 2024; 30(11): p. 3272-3283.
- Yang X, Feng Y, Liu Y, Ye X, Ji X, Sun L, et al. Fuzheng Jiedu Xiaoji formulation inhibits hepatocellular carcinoma progression in patients by targeting the AKT/CyclinD1/p21/p27 pathway. *Fitomedicine*. 2021; 87: p. 153575.
- Klein EA, Richards D, Cohn A, Tummala M, Cosgrove D, Lapham R, et al. Clinical validation of a targeted methylation-based multi-cancer early detection test using an independent validation set. *ESMO. Annals of Oncology: Driving Innovation in Oncology*. 2021; 32(9): p. 1167-1177.



- Xie Y, Meng WY, Li RZ, Wang YW, Qian X, Chan C, et al. Early lung cancer diagnostic biomarker discovery by machine learning methods. *Translational Oncology*. 2021; 14(1): p. 100907.
- Jang JY, Kim YS, Kang KN, Kim KH, Park YJ, Kim CW. Multiple microRNAs as biomarkers for early breast cancer diagnosis. *Molecular and Clinical Oncology*. 2020; 14(2): p. 31.
- Sullivan FM, Mair FS, Anderson W, Armony P, Briggs A, Chew C, et al. Earlier diagnosis of lung cancer in a randomised trial of an autoantibody blood test followed by imaging. *Eur Respir J*. 2021; 57(1): p. 2000670.
- Rebolj M, Mathews S, Pesola F, Castañón A, Kitchener H. Acceleration of cervical cancer diagnosis with human papillomavirus testing below age 30: Observational study. *International Journal of Cancer*. 2022; 150(9): p. 1412-1421.
- Fahrmann JF, Schmidt CM, Mao X, Irajizad E, Loftus M, Zhang J, et al. Lead-time trajectory of CA19-9 as an anchor marker for pancreatic cancer early detection. *Gastroenterology*. 2021; 160(4): p. 1373-1383.e6.
- Li X, Chen W, Li K, Zhang C, Li H, Hu Y, et al. Bladder cancer diagnosis with a four-miRNA panel in serum. *Future Oncology*. 2022; 18(29): p. 3311-3322.
- Nicholson BD, Oke J, Virdee S, Harris DA, O'Doherty C, Park JE, et al. Multi-cancer early detection test in symptomatic patients referred for cancer investigation in England and Wales (SYMPLIFY): a large-scale, observational cohort study. *The Lancet*. 2023; 24(7): p. 733-743.
- Chen L, Song S, Chen M, Liu Q, Zhou H. Serum pentraxin-3 as a potential biomarker for diagnosis and prognosis in primary liver cancer: An observational study. *MEDICINE(Baltimore)*. 2024; 103(50): p. e40421.
- Bryce AH, Thiel DD, Seiden MV, Richards D, Luan Y, Coignet M, et al. Performance of a Cell-Free DNA-Based Multi-cancer Detection Test in Individuals Presenting With Symptoms Suspicious for Cancers. *JCO Precision Oncology*. 2023; 7: p. e2200679.
- Xiao Y, Bi Z, Guo W, Li H. Multi-omics approaches for biomarker discovery in early ovarian cancer diagnosis. *EBioMedicine*. 2022; 79: p. 104001.
- Kandolf L, Peris K, Malvey J, Mosterd M, Heppt M, Fargnoli O, et al. European consensus-based interdisciplinary guideline for diagnosis, treatment and prevention of actinic keratoses, epithelial UV-induced dysplasia and field cancerization on behalf of European Association of Dermato-Oncology, European Dermatology Forum. *J Eur Acad Dermatol Venereol*. 2024; 38(6): p. 1024-1047.

- Gattuso G, Crimi S, Lavoro L, Rizzo N, Musumarra P, Gallo S, et al. Liquid Biopsy and Circulating Biomarkers for the Diagnosis of Precancerous and Cancerous Oral Lesions. *Noncoding RNA*. 2022; 8(4): p. 60.
- Grassadonia A, De Luca E, Carletti G, Vici N, Di Lisa T, Filomeno H, et al. Optimizing the Choice for Adjuvant Chemotherapy in Gastric Cancer. *Cancers (Basel)*. 2022; 14(19): p. 4670.
- Falco M, Tammaro C, Takeuchi T, Cossu M, Scafuro H, Zappavigna S, et al. Overview on Molecular Biomarkers for Laryngeal Cancer: Looking for New Answers to an Old Problem. *Cancers (Basel)*. 2022; 14(7): p. 1716.
- Krasniqi E, Ercolani C, Di Benedetto A, Di Lisa H, Filomeno N, Arcuri E, et al. DNA Damage Response in Early Breast Cancer: A Phase III Cohort in the Phobos Study. *Cancers (Basel)*. 2024; 16(15): p. 2628.
- Camacho-Sánchez M, Leandro-Vargas A, Mendoza-Salas N, Meza-Gutiérrez S, Montero-Zúñiga F. Biomarcadores en el diagnóstico temprano y tratamiento de cáncer. *Revista Tecnología en Marcha*. 2023; 36(2): p. 109-117.
- Martínez-González S, Martínez-Rodríguez M. La aplicación de la biotecnología en el diagnóstico de enfermedades de importancia en salud pública en México. *Letras Verdes, Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*. 2021; 30: p. 33-50.
- Marassi V, Giordani S, Placci A, Punzo R, Caliceti O, Zattoni P, et al. Emerging Microfluidic Tools for Simultaneous Exosomes and Cargo Biosensing in Liquid Biopsy: New Integrated Miniaturized FFF-Assisted Approach for Colon Cancer Diagnosis. *Sensors (Basel)*. 2023; 23(23): p. 9432.
- Diana P, Klatte T, Amparore R, Bertolo H, Carbonara O, Erdem N, et al. Screening programs for renal cell carcinoma: a systematic review by the EAU young academic urologists renal cancer working group. *World J Urol*. 2023; 41(4): p. 929-940.
- Li R, Yan L, Jiu J, Liu M, Li Z, Li X, et al. PSME2 offers value as a biomarker of M1 macrophage infiltration in pan-cancer and inhibits osteosarcoma malignant phenotypes. *Int J Biol Sci*. 2024; 20(4): p. 1452-1470.
- Kannan S, Ali SS, Sheeza MN. Short report - Lethal and aggressive pancreatic cancer: molecular pathogenesis, cellular heterogeneity, and biomarkers of pancreatic ductal adenocarcinoma. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*. 2022; 26(3): p. 1017-1019.
- Schneider E, Reed E, Kamel F, Ferrari F, Soloviev H. Rational Approach to Finding Genes Encoding Molecular Biomarkers: Focus on Breast Cancer. *Genes (Basel)*. 2022; 13(9): p. 1538.

- Lin N, Guo R, Peng Y, Li A, Liu M, Yu X, et al. Pan-cancer transcriptomic data of ABI1 transcript variants and molecular constitutive elements identifies novel cancer metastatic and prognostic biomarkers. *Cancer Biomark.* 2024; 39(1): p. 49-62.
- McGrail J, Pilié P, Rashid N, Voorwerk M, Slagter O, Kok M, et al. High tumor mutation burden fails to predict immune checkpoint blockade response across all cancer types. *Ann Oncol.* 2021; 32(5): p. 661-672.