

Biopsia líquida y el principio de no maleficencia: retos éticos para la práctica y la formación médica

Liquid Biopsy and the Principle of Non-maleficence: Ethical Challenges for Medical Practice and training

María Varynia Mendoza Santos¹ <https://orcid.org/0000-0002-6837-5162>

Juan Carlos García Loor¹ <https://orcid.org/0009-0007-9600-547X>

Eugenio Radamés Borroto Cruz¹ <https://orcid.org/0000-0002-7266-9884>

Cindy Giselle Díaz Contino^{1*} <https://orcid.org/0000-0001-6949-406X>

¹Universidad San Gregorio de Portoviejo. Manabí, Ecuador.

*Autor para la correspondencia: cgdiaz@sangregorio.edu.ec

RESUMEN

Introducción: La biopsia líquida ha emergido como una herramienta diagnóstica innovadora, que permite detectar y monitorear enfermedades como el cáncer, mediante el análisis de fluidos corporales. Aunque representa un avance significativo por ser menos invasiva y más accesible para el monitoreo clínico, su uso plantea importantes desafíos éticos, especialmente desde la perspectiva del principio de no maleficencia.

Objetivo: Reflexionar sobre los retos éticos que plantea el uso de la biopsia líquida en relación con el principio de no maleficencia en la práctica clínica y en la formación médica.

Posicionamiento del autor: La implementación de esta técnica debe guiarse por una ética del cuidado, que anteponga el bienestar del paciente a la fascinación por la innovación tecnológica. Asimismo, se enfatiza la necesidad de fortalecer la educación médica en bioética, de modo que los futuros profesionales de la salud estén preparados para enfrentar los dilemas éticos derivados de la aplicación de

nuevas tecnologías. La formación médica debe integrar contenidos que promuevan la reflexión crítica, el juicio clínico prudente y la comunicación empática.

Conclusiones: El uso de la biopsia líquida requiere una mirada integral, que combine conocimiento técnico, criterio ético y sensibilidad humana. Solo así será posible garantizar que los avances en medicina no generen daño y se orienten a mejorar la calidad de vida de los pacientes, desde una perspectiva responsable, tanto en lo clínico como en lo formativo.

Palabras clave: bioética; biopsia líquida; educación médica; no maleficencia; confidencialidad; oncología.

ABSTRACT

Introduction: Liquid biopsy has emerged as an innovative diagnostic tool that allows diseases such as cancer to be detected and monitored through the analysis of bodily fluids. Although it represents a significant advance because it is less invasive and more accessible for clinical monitoring, its use raises important ethical challenges, especially from the perspective of the principle of non-maleficence.

Objective: To reflect on the ethical challenges posed by the use of liquid biopsy in relation to the principle of non-maleficence in clinical practice and medical training.

Author's position: The implementation of this technique must be guided by an ethic of care that puts the well-being of the patient before the fascination with technological innovation. Likewise, the need to strengthen medical education in bioethics is emphasized, so that future health professionals are prepared to face the ethical dilemmas arising from the application of new technologies. Medical training should include content that promotes critical thinking, prudent clinical judgment, and empathetic communication.

Conclusions: The use of liquid biopsy requires a comprehensive approach that combines technical knowledge, ethical judgment, and human sensitivity. Only in this way will it be possible to ensure that advances in medicine do not cause harm and are geared toward improving patients' quality of life, from a responsible perspective, both clinically and educationally.

Keywords: bioethics; liquid biopsy; medical education; non-maleficence; confidentiality; oncology.

Recibido: 06/06/2025

Aceptado: 12/08/2025

Introducción

En la actualidad los avances tecnológicos en la medicina han permitido desarrollar herramientas diagnósticas más precisas y menos invasivas. Una de estas innovaciones es la biopsia líquida, una técnica que utiliza fluidos corporales como sangre, orina o saliva para detectar biomarcadores asociados con enfermedades como el cáncer.⁽¹⁾ Esto permite detectar material genético y células tumorales circulantes en etapas tempranas de la enfermedad, lo que ofrece ventajas significativas frente a las biopsias tradicionales, al ser menos invasiva, más rápida y con menor riesgo asociado.⁽²⁾ Además, se ha convertido en un componente decisivo para la medicina personalizada, ya que posibilita un monitoreo más preciso de las respuestas terapéuticas y las recaídas de los pacientes.

No obstante, aunque la biopsia líquida representa un avance prometedor en la medicina moderna, su implementación debe estar guiada por principios éticos sólidos, que prioricen el bienestar del paciente. De lo contrario, existe el riesgo de que esta tecnología, en lugar de beneficiar, cause daños en términos clínicos, emocionales y sociales. Junto con sus beneficios, también surgen retos éticos importantes, especialmente desde la perspectiva del principio de no maleficencia, un pilar fundamental de la bioética médica.⁽³⁾

El principio de no maleficencia establece que los profesionales de la salud deben evitar causar daño al paciente, ya sea a través de sus acciones o decisiones clínicas.⁽⁴⁾ Esto se vuelve especialmente relevante en el contexto de la biopsia líquida, debido a los posibles riesgos asociados, que incluyen resultados diagnósticos incorrectos, implicaciones emocionales y psicológicas, y el impacto en la privacidad y confidencialidad del paciente.⁽⁵⁾

Si bien esta técnica ofrece numerosos beneficios, como la capacidad de detectar enfermedades en etapas tempranas y realizar monitoreo continuo, también plantea interrogantes sobre su implementación responsable y ética. Por ejemplo, una de las principales preocupaciones radica en el riesgo de sobrediagnóstico, donde se detectan anomalías que podrían no evolucionar clínicamente, lo que expone al paciente a tratamientos innecesarios.⁽⁶⁾

La posibilidad de falsos positivos o negativos puede generar estrés emocional significativo o retrasar intervenciones médicas importantes, lo cual contradice directamente el principio de no maleficencia. Por lo tanto, es necesario evaluar cómo esta tecnología puede aplicarse en la práctica clínica sin comprometer el bienestar del paciente.

Asimismo, la biopsia líquida también plantea desafíos en términos de equidad y acceso, ya que su costo elevado y la necesidad de equipos especializados pueden limitar su disponibilidad en ciertas regiones o poblaciones.⁽⁷⁾ Esto puede generar desigualdades en la atención médica, lo que afecta principalmente a aquellos con menos recursos, y contradice la ética de la equidad en salud. En este contexto, la aplicación de la biopsia líquida debe estar guiada no solo por principios de eficacia clínica, sino por una consideración cuidadosa de los posibles daños sociales y estructurales.

La biopsia líquida también presenta implicaciones emocionales y psicológicas significativas. Por ejemplo, el conocimiento de predisposiciones genéticas para ciertas enfermedades puede causar ansiedad y estrés en los pacientes y sus familias.⁽⁸⁾ Incluso en casos donde las anomalías detectadas no representen una amenaza inmediata, el impacto psicológico puede ser duradero y afectar la calidad de vida de los individuos. Esto resalta la importancia de garantizar que los pacientes reciban apoyo adecuado y estén plenamente informados sobre los alcances y las limitaciones de esta técnica antes de someterse a ella.

Asimismo, la técnica podría dar lugar a intervenciones innecesarias, como el sobrediagnóstico y los tratamientos prematuros, que pueden someter al paciente a procedimientos invasivos sin una justificación clínica sólida. Estos riesgos se agravan con los problemas internos a la precisión de la biopsia líquida, donde los falsos positivos o negativos pueden conducir a decisiones erróneas que impactan negativamente en la salud del paciente. La falta de precisión tecnológica subraya la necesidad de que el diagnóstico se base en métodos que sean completamente confiables, especialmente cuando se trata de enfermedades graves como el cáncer.

En este escenario la educación médica adquiere un papel determinante. Como señalan *Ferrer* y otros,⁽⁹⁾ el compromiso ético del médico comienza en su etapa formativa, cuando se le debe preparar para tomar decisiones que integren valores como la responsabilidad, la prudencia y el respeto por la dignidad humana.

Desde la perspectiva del principio de no maleficencia, este estudio aborda los desafíos éticos que plantea la biopsia líquida en la práctica clínica y en la educación médica. La incorporación responsable de esta tecnología requiere formar profesionales capaces de reconocer y afrontar sus implicaciones desde una

comprensión integral del cuidado. El objetivo del estudio fue reflexionar sobre los retos éticos que plantea el uso de la biopsia líquida en relación con el principio de no maleficencia en la práctica clínica y en la formación médica.

Posicionamiento de los autores

La introducción de tecnologías emergentes como la biopsia líquida representa una oportunidad para avanzar hacia una medicina más precisa, personalizada y menos invasiva. Sin embargo, estos avances no deben implementarse de forma acrítica ni desligada de los principios éticos fundamentales que sustentan la profesión médica. En particular, el principio de no maleficencia debe ser un eje rector que guíe tanto la práctica clínica como la formación de los futuros profesionales de la salud.

Se considera que el entusiasmo por la innovación tecnológica no puede nublar el juicio ético. La biopsia líquida, si bien aporta beneficios indiscutibles, también conlleva riesgos diagnósticos, emocionales y sociales que deben gestionarse cuidadosamente. Su uso clínico debe estar acompañado por protocolos rigurosos que garanticen la seguridad del paciente, la protección de su información y la equidad en el acceso.

En el marco del principio de no maleficencia,⁽⁴⁾ el uso de la biopsia líquida plantea retos éticos. Para que la implementación de tecnologías innovadoras como la biopsia líquida sea verdaderamente ética y humanista, es necesario fortalecer la formación ética en la educación médica. El principio de no maleficencia debe enseñarse no solo como una noción abstracta, sino como una guía práctica que oriente la toma de decisiones clínicas en escenarios complejos y cambiantes.

Se sostiene que la educación médica debe evolucionar más allá del aprendizaje técnico de nuevas herramientas diagnósticas, hacia una sólida formación ética que prepare a los futuros profesionales para enfrentar dilemas complejos con sensibilidad, pensamiento crítico y responsabilidad social. La ética no debe ser un contenido periférico, sino un componente transversal y esencial del currículo médico.

En cuanto a las implicaciones sociales, el acceso equitativo a la biopsia líquida continúa siendo un desafío significativo. En vista de la consecuente carga socioeconómica severa para la sociedad, el cambio de paradigma de un enfoque médico reactivo a uno predictivo, preventivo y personalizado en el manejo general del cáncer, es esencial.⁽¹⁰⁾

Según *Kamps* y otros,⁽⁷⁾ su implementación depende en gran medida de la infraestructura de los sistemas de salud, lo que limita su disponibilidad en países de ingresos bajos y medianos. Además, *Urrutia y Victoria*⁽¹¹⁾ resaltan la necesidad de establecer regulaciones claras para garantizar que los datos genéticos obtenidos no se utilicen con fines discriminatorios, para proteger los derechos de los pacientes.

El costo elevado de la biopsia líquida y la falta de disponibilidad en áreas rurales pueden generar desigualdades en el acceso, lo cual va en contra de los principios éticos fundamentales.⁽⁷⁾

Por lo tanto, es importante que los programas de formación médica promuevan una visión crítica sobre el acceso equitativo a las tecnologías sanitarias. Comprender cómo las desigualdades estructurales afectan la práctica clínica, permite que los profesionales actúen con mayor compromiso hacia la justicia social, en línea con una interpretación más amplia del principio de no maleficencia.

Desde el punto de vista técnico, aunque la precisión de la biopsia líquida ha mejorado considerablemente, todavía enfrenta limitaciones. *Hernández y Borrás*⁽¹²⁾ señalan que su sensibilidad puede variar en dependencia del tipo y la etapa del cáncer, lo que subraya la importancia de complementar esta técnica con métodos diagnósticos tradicionales.

Sin embargo, la biopsia convencional es invasiva; y la disponibilidad de tejido, limitada o en ocasiones inaccesible, por lo que, a veces, no se tiene la capacidad de capturar la heterogeneidad tumoral. Frente a esto, las ventajas que ofrece la biopsia líquida resultan evidentes.⁽¹³⁾ Asimismo, el análisis de células tumorales circulantes requiere equipos especializados y personal capacitado, lo que incrementa los costos operativos y dificulta su adopción generalizada.

Por otro lado, la confidencialidad y el manejo ético de los datos generados por la biopsia líquida son aspectos críticos que no deben subestimarse. La información genética y molecular obtenida puede utilizarse de manera indebida, si no se protege adecuadamente, y exponer a los pacientes a riesgos de discriminación o estigmatización.⁽¹⁴⁾ En este sentido, la responsabilidad de los profesionales de la salud y las instituciones médicas implica garantizar la seguridad de los datos y educar a los pacientes sobre sus derechos en relación con esta información.

Entonces, la relación médico-paciente, clave para el éxito de cualquier tratamiento, puede verse afectada por la manera en que se comunican los resultados de la biopsia líquida. Si los hallazgos no se explican adecuadamente o

se interpretan de forma equivocada, la confianza entre ambos podría deteriorarse, generar angustia innecesaria y afectarse el proceso de tratamiento.

De igual manera, el impacto emocional y psicológico asociado con la detección de anomalías genéticas mediante biopsias líquidas es un aspecto que no debe subestimarse. *Novak*⁽⁸⁾ debatió cómo la anticipación de resultados positivos puede generar altos niveles de ansiedad, lo que afecta tanto a los pacientes como a sus familias. Este problema podría mitigarse mediante una comunicación efectiva y el apoyo de equipos multidisciplinarios que incluyan psicólogos.

Los planes de estudio en medicina deben incluir casos clínicos y simulaciones que exploren situaciones donde los avances tecnológicos pueden implicar riesgos emocionales, diagnósticos o sociales. De esta manera, los futuros profesionales de la salud podrán desarrollar una sensibilidad ética que complemente sus competencias técnicas.

Los estudiantes de medicina deben estar preparados para la comunicación clínica efectiva, especialmente cuando se trata de informar resultados genéticos o probabilísticos. Esto incluye la capacidad de manejar adecuadamente la incertidumbre diagnóstica, ofrecer contención emocional y respetar las decisiones autónomas del paciente.

El principio de no maleficencia también se ve reflejado en la necesidad de proteger la confidencialidad y la privacidad del paciente.⁽⁴⁾ El manejo inadecuado de la información obtenida en la biopsia líquida puede exponer al paciente a discriminación o estigmatización, lo cual constituye un daño social significativo. Se considera que la divulgación no autorizada de datos genéticos también puede tener un impacto emocional y psicológico, tanto en el paciente como en su entorno cercano, lo que refuerza la importancia de respetar la privacidad en todo momento.

En términos éticos, el principio de no maleficencia debe integrarse en cada etapa de la implementación de la biopsia líquida, desde el desarrollo de protocolos hasta la comunicación con los pacientes. Esto incluye garantizar una evaluación exhaustiva de los riesgos y beneficios, así como proporcionar a los pacientes información transparente que les permita tomar decisiones informadas. También se considera que, en última instancia, el éxito de la biopsia líquida no solo dependerá de su avance técnico, sino también de la capacidad de los sistemas de salud para adaptarse a los cambios que esta tecnología introduce.

En primer lugar, se destaca el impacto emocional y psicológico. La incertidumbre generada por resultados inconclusos o el descubrimiento de predisposiciones genéticas puede causar niveles elevados de ansiedad en los pacientes.⁽⁸⁾ Por tanto,

es imprescindible ofrecer un soporte adecuado durante todo el proceso diagnóstico para mitigar este riesgo.

En segundo lugar, los avances tecnológicos han permitido una mayor precisión en los resultados, pero no están exentos de limitaciones. La presencia de falsos positivos y negativos en los análisis puede dar lugar a intervenciones médicas innecesarias o retrasos terapéuticos. Esto subraya la necesidad de protocolos clínicos estrictos que minimicen estos errores.⁽¹⁵⁾

En cuanto a los riesgos técnicos, es imperativo que los profesionales de la salud sean conscientes de las limitaciones de esta herramienta y actúen con cautela para evitar errores diagnósticos que comprometan el bienestar del paciente. Además, el manejo de información genética debe realizarse con estrictos estándares de privacidad para evitar cualquier uso indebido.

La responsabilidad del profesional o del equipo incluye prever los posibles desenlaces que sus actuaciones generan en el paciente o su familia, lo que implica comprender las creencias, los valores y las expectativas individuales del paciente, su familia, la sociedad, el mismo profesional de la salud, el resto de los trabajadores y la institución donde estas se desarrollan.⁽⁹⁾

El cáncer, considerado la segunda causa de muerte en los países desarrollados, representa, por ende, un problema significativo de salud pública a nivel mundial. En este contexto resulta evidente que la detección temprana tiene un papel fundamental para asegurar un tratamiento exitoso. Hasta ahora la biopsia de tejido se ha mantenido como el estándar de oro para el diagnóstico de cáncer, debido a la confiabilidad de sus resultados. Sin embargo, este método solo puede aplicarse cuando la masa tumoral se hace detectable, lo que limita su utilidad en fases iniciales de la enfermedad.⁽¹⁶⁾

Es necesario señalar que los resultados obtenidos con este método son menos confiables en comparación con los proporcionados por la biopsia de tejido. Por ejemplo, como ya se había mencionado, esta técnica puede generar falsos positivos o negativos, lo que compromete la precisión del diagnóstico.⁽¹⁷⁾

El desafío ético radica en equilibrar la posibilidad de contar con un diagnóstico confiable en una etapa más avanzada frente a un diagnóstico potencialmente menos certero, pero disponible en fases más tempranas. Este dilema afecta la toma de decisiones clínicas, e involucra aspectos esenciales como el consentimiento informado, la adecuada comunicación de los riesgos y beneficios, y la construcción de una relación médico-paciente basada en la confianza y la ética profesional.

En la actualidad también es común que los ensayos clínicos integren preguntas relacionadas con la investigación traslacional, cuyo objetivo principal es identificar biomarcadores que indiquen la respuesta o resistencia a los agentes en estudio. Como parte de estos análisis, suele resultar necesario recolectar muestras de tejido mediante biopsias realizadas con fines de investigación, las cuales pueden llevarse a cabo antes del inicio de la terapia, durante el tratamiento o en el momento en que se detecta progresión tumoral.⁽¹⁸⁾

Sin embargo, cabe destacar que estas biopsias, en la mayoría de los casos, no ofrecen un beneficio directo al paciente. Por lo tanto, debido a los riesgos inherentes a cualquier procedimiento quirúrgico, han surgido preocupaciones éticas, especialmente cuando la participación en un ensayo clínico depende de que el paciente acepte someterse a una biopsia de este tipo.

La obligatoriedad de realizar biopsias únicamente con fines de investigación expone a los participantes a riesgos innecesarios, como complicaciones quirúrgicas, infecciones o dolor, sin que esto conlleve un beneficio clínico directo para ellos. Este aspecto pone en tela de juicio si realmente se está priorizando el bienestar del paciente por encima de los objetivos científicos.

Por eso, *Dermody y Shuman*⁽¹⁹⁾ exponen las razones que justifican las biopsias obligatorias con fines investigativos y recomendaciones para su estandarización. No obstante, no se han encontrado medidas más estrictas para respetar la integridad física y emocional de los pacientes, que aseguren que los ensayos clínicos mantengan altos estándares de calidad científica y ética, mientras se protegen los derechos y la seguridad de quienes participan.

En contexto, para garantizar que la biopsia líquida beneficie a la sociedad de manera justa, es necesario que las políticas de salud prioricen la inversión en tecnologías accesibles y en la capacitación de profesionales. Los programas de subsidios y las colaboraciones público-privadas pueden facilitar su adopción en regiones con recursos limitados. Además, investigaciones futuras deben centrarse en mejorar la sensibilidad y especificidad de esta técnica para ampliar su aplicabilidad.

De cara al futuro, el éxito de la biopsia líquida no solo dependerá de su precisión técnica, sino de la capacidad de los profesionales de la salud para aplicarla de manera ética. El principio de no maleficencia se encuentra en el centro de las implicaciones de esta técnica emergente, dado que, aunque la biopsia líquida ofrece grandes promesas en cuanto a la detección temprana del cáncer, también plantea varios riesgos que deben abordarse de manera ética y responsable.

Conclusiones

La incorporación de la biopsia líquida en la práctica clínica representa un hito en el diagnóstico y monitoreo de enfermedades, especialmente en oncología. Sin embargo, su uso ético exige una evaluación cuidadosa desde el principio de no maleficencia. Los riesgos asociados –como el sobrediagnóstico, los falsos positivos o negativos, el impacto emocional de los resultados y la posible vulneración de la privacidad– deben ser considerados con rigor para evitar daños innecesarios al paciente.

La reflexión ética sobre el uso de herramientas como la biopsia líquida debe estar presente desde los primeros niveles de la educación profesional. Formar médicos capaces de identificar implicaciones éticas complejas, comunicar con sensibilidad y actuar con responsabilidad, resulta indispensable para garantizar una práctica clínica verdaderamente humanizada. Solo así será posible integrar la innovación tecnológica con los valores fundamentales de la medicina, y asegurar que los avances científicos beneficien a los pacientes sin comprometer su bienestar físico, emocional y social.

Referencias bibliográficas

1. Freitas AJA, Causin RL, Varuzza MB, Calfa S, Hidalgo Filho CMT, Komoto TT, *et al.* Liquid Biopsy as a Tool for the Diagnosis, Treatment, and Monitoring of Breast Cancer. *Int J Mol Sci.* 2022;23(17):9952. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms23179952>
2. Perdomo S, Montealegre-Páez L, Pacheco-Orozco R, Martínez-Gregorio H, Vaca-Paniagua F, Ardila J, *et al.* La biopsia líquida en el diagnóstico y monitoreo de pacientes oncológicos: Oportunidades y retos en Latinoamérica. *Rev Colomb Cancerol.* 2020;24(4):e44. DOI: <https://doi.org/10.35509/01239015.44>
3. Mannelli C. Tissue vs. Liquid Biopsies for Cancer Detection: Ethical Issues. *J Bioeth Inq.* 2019;16(4):551-7. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11673-019-09944-y>
4. Beauchamp TL, Childress JF. Principles of biomedical ethics. 8 ed. New York: Oxford University Press; 2019. DOI: <https://doi.org/10.1080/15265161.2019.1665402>

5. Olson EM, Lin NU, Krop IE, Winer EP. The ethical use of mandatory research biopsies. *Nat Rev Clin Oncol.* 2011;8(10):620-5. DOI: <https://doi.org/10.1038/nrclinonc.2011.114>
6. Marzo-Castillejo M, Vela-Vallespín C. Sobrediagnóstico en cáncer. *Aten Primaria.* 2018;50:51-6. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aprim.2018.08.002>
7. Kamps R, Brandão RD, Van den Bosch BJ, Paulussen ADC, Xanthouleas S, Blok MJ, *et al.* Next-Generation Sequencing in Oncology: Genetic Diagnosis, Risk Prediction and Cancer Classification. *Int J Mol Sci.* 2017;18(2):308. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms18020308>
8. Noval González A. Impacto psicológico del paciente con cáncer. *NPunto.* 2022 [acceso 01/05/2025];5(56). Disponible en: <https://www.npunto.es/revista/56/impacto-psicologico-del-paciente-con-cancer>
9. Ferrer Marrero D, Palma Machado L, Arzuaga Anderson I, Pérez Alvarez H. Ética médica en la práctica anatomopatológica. *Human Med.* 2019 [acceso 01/05/2025];19(1):65-79. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/hmc/v19n1/1727-8120-hmc-19-01-65.pdf>
10. Liskova A, Samec M, Koklesova L, Giordano FA, Kubatka P, Golubnitschaja O. Liquid Biopsy is Instrumental for 3PM Dimensional Solutions in Cancer Management. *J Clin Med.* 2020;9(9):2749. DOI: <https://doi.org/10.3390/jcm9092749>
11. Urrutia S, Victoria A. Genetic information, intimacy and discrimination. *Acta Bioeth.* 2002;8(2):255-62. DOI: <https://doi.org/10.4067/S1726-569X2002000200007>
12. Hernández Jiménez J, Borrás Blasco C. Análisis de biopsias líquidas para el diagnóstico del cáncer: Revisión sistemática. *Rev Esp Geriatr Gerontol.* 2020;55(6):343-9. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.regg.2020.08.003>
13. Jiménez W. Liquid biopsy. A challenge for clinical laboratories. *Adv Lab Med.* 2020;1(3). DOI: <https://doi.org/10.1515/almed-2020-0055>
14. Moufarrej MN, Bianchi DW, Shaw GM, Stevenson DK, Quake SR. Noninvasive Prenatal Testing Using Circulating DNA and RNA: Advances, Challenges, and Possibilities. *Annu Rev Biomed Data Sci.* 2023;6:397-418. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-biodatasci-020722-094144>
15. Klein EA, Richards D, Cohn A, Tummala M, Lapham R, Cosgrove D, *et al.* Clinical validation of a targeted methylation-based multi-cancer early detection test using an independent validation set. *Ann Oncol.* 2021;32(9):1167-77. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.annonc.2021.05.806>

16. Arechederra M, Ávila MA, Berasain C. La biopsia líquida en el manejo del cáncer: una nueva herramienta revolucionaria de la medicina de precisión, aún con limitaciones. *Adv Lab Med.* 2020;1(3):20200038. DOI: <https://doi.org/10.1515/almed-2020-0038>
17. Lohmann A, Ennis M, Goodwin P, Veitch Z, Brezden C, Jerzak K, *et al.* Concordance between liquid and tissue biopsy in participants with newly diagnosed recurrent breast cancer. *J Clin Oncol.* 2023;41(16). DOI: https://doi.org/10.1200/jco.2023.41.16_suppl.1028
18. Esagian S, Grigoriadou G, Nikas I, Boikou V, Sadow P, Won J, *et al.* Comparison of liquid-based to tissue-based biopsy analysis by targeted next generation sequencing in advanced non-small cell lung cancer: a comprehensive systematic review. *J Cancer Res Clin Oncol.* 2020;146:2051-66. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00432-020-03267-x>
19. Dermody S, Shuman A. Implications of Research Biopsies in Clinical Trials. *Oncologist.* 2021;26(12):994-6. DOI: <https://doi.org/10.1002/onco.13948>

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.