



## Avances en el diagnóstico citológico de tumores cerebrales

### Advances in the cytological diagnosis of brain tumors

Mairen Sotomayor González<sup>1\*</sup> <https://orcid.org/0000-0001-6332-4916>

Elaine Brocard Azahares<sup>2</sup> <https://orcid.org/0009-0006-5327-7830>

Mercedes Salinas Olivares<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0003-0909-5133>

Wendolin Rodriguez Borges<sup>3</sup> <https://orcid.org/0000-0002-2092-5583>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía. La Habana, Cuba.

<sup>2</sup>Hospital Provincial "Ciro Redondo". Artemisa, Cuba.

<sup>3</sup>Hospital Militar Central "Dr. Carlos J. Finlay". La Habana, Cuba.

\*Autor para la correspondencia. Correo electrónico: [mairensotomayor2019@gmail.com](mailto:mairensotomayor2019@gmail.com)

## RESUMEN

**Introducción:** Los tumores cerebrales representan un desafío significativo en oncología, debido a su variabilidad y complejidad diagnóstica. El diagnóstico citológico constituye una herramienta valiosa para la rápida evaluación de muestras; permite una intervención temprana y planificación del tratamiento.

**Objetivo:** Sintetizar los avances en el diagnóstico citológico de tumores cerebrales durante las últimas dos décadas; identificar las principales innovaciones tecnológicas, metodológicas y clínicas que han contribuido a mejorar su precisión, accesibilidad y aplicación en el manejo de la neurooncología.

**Métodos:** Se realizó una revisión narrativa, basada en una búsqueda bibliográfica, entre enero de 2024 y febrero de 2025. Se utilizaron las bases de datos como Cochrane Library y SciELO, con las palabras clave: "diagnóstico citológico", "tumores cerebrales", "neurooncología", "biopsia



estereotáctica" y "biomarcadores". De 634 documentos recuperados, se consultaron 73 y se seleccionaron 24 para incluir en el artículo.

**Desarrollo:** El diagnóstico citológico ofrece una alternativa rápida y menos invasiva al diagnóstico histológico, con particular eficacia en la diferenciación de tumores de alto y bajo grado. Sin embargo, enfrenta desafíos como la variabilidad interobservador y la necesidad de muestras adecuadas. Los avances en inmunocitoquímica y la introducción de biomarcadores moleculares han incrementado la precisión diagnóstica.

**Conclusiones:** Aunque el diagnóstico citológico es una herramienta prometedora, su integración completa en la práctica clínica requiere de más estandarización, formación de expertos y mejoras tecnológicas. Futuras investigaciones deberían centrarse en la optimización de métodos de biopsia y el desarrollo de nuevos biomarcadores.

**Palabras clave:** biomarcadores; biopsia; citología; inmunocitoquímica; oncología; tumor cerebral.

## ABSTRACT

**Introduction:** Brain tumors pose a significant challenge in oncology due to their variability and diagnostic complexity. Cytological diagnosis has emerged as a valuable tool for the rapid evaluation of samples, enabling early intervention and treatment planning.

**Objective:** To synthesize advances in the cytological diagnosis of brain tumors over the past two decades, identifying the main technological, methodological, and clinical innovations that have enhanced its accuracy, accessibility, and application in neurooncology management.

**Methodology:** A narrative review was conducted, based on a search between January 2024 and February 2025. Databases such as Cochrane Library and Scielo were used, with keywords: "cytological diagnosis," "brain tumors," "neurooncology," "stereotactic biopsy", and "biomarkers". Out of 634 retrieved documents, 73 were reviewed, and 24 were selected, and 8.34% were selected to include in the article.

**Development:** Cytological diagnosis offers a rapid and less invasive alternative to histological diagnosis, with particular effectiveness in differentiating high- and low-grade tumors. However, it faces challenges such as interobserver variability and the need for adequate samples. Advances in



immunocytochemistry and the introduction of molecular biomarkers have increased diagnostic accuracy.

**Conclusions:** While cytological diagnosis is a promising tool, its full integration into clinical practice requires further standardization, expert training, and technological improvements. Future research should focus on optimizing biopsy methods and developing new biomarkers.

**Keywords:** brain tumor; biomarkers; biopsy; cytology; immunocytochemistry; medical oncology.

Recibido: 12/03/2025

Aprobado: 29/07/2025

## INTRODUCCIÓN

Los tumores cerebrales son una de las enfermedades más complejas y desafiantes, debido a su impacto directo sobre el funcionamiento neurológico y la calidad de vida de los pacientes. Aunque los tumores cerebrales primarios son raros, en comparación con otros tipos de cáncer (una incidencia anual estimada de aproximadamente 6 a 10 casos por cada 100 000 personas en algunas poblaciones), su impacto es desproporcionadamente significativo, debido a su localización. Los tumores metastásicos en el cerebro son mucho más comunes y aumentan la prevalencia de tumores cerebrales en el contexto de la oncología.<sup>(1)</sup>

La importancia radica no solo en su potencial morbilidad y letalidad, sino también en la diversidad de síntomas que pueden causar; varían desde cefalea y convulsiones, hasta cambios de personalidad, déficits neurológicos específicos, que dependen de su ubicación y tamaño. Esta variabilidad subraya la necesidad de un diagnóstico preciso y oportuno para la gestión clínica efectiva.<sup>(2)</sup>

El diagnóstico citológico desempeña un papel fundamental en el manejo de los tumores cerebrales. Ofrece una alternativa rápida y menos invasiva para obtener información diagnóstica clave, en especial para casos en quienes una biopsia quirúrgica extensa no es posible, ya sea por la ubicación





del tumor o las condiciones del paciente. Técnicas como la aspiración con aguja fina o las biopsias estereotácticas permiten una evaluación rápida de los resultados, que pueden estar disponibles mucho antes que la histopatología; aceleran así las decisiones terapéuticas. Además, este método facilita diferenciar entre tipos de tumores, como primarios o metastásicos, gliomas de distintos grados. Proporciona datos sobre la agresividad del tumor, que guían opciones de tratamiento, como cirugía, radioterapia o quimioterapia, con menor riesgo para el paciente, o menos invasivos.<sup>(3,4)</sup>

A pesar de las ventajas, el diagnóstico citológico enfrenta retos, como la variabilidad en la interpretación de las muestras, la necesidad de obtener material de alta calidad y la incapacidad para brindar información arquitectónica detallada del tumor; algo que la histopatología sí puede lograr. No obstante, los inconvenientes no disminuyen su valor, por el contrario, se ha establecido como una herramienta esencial en la neurooncología.

Al complementar otros enfoques diagnósticos, el diagnóstico citológico contribuye a una gestión clínica más informada, eficiente y adaptada a las necesidades individuales de los pacientes con tumores cerebrales y mejora los resultados en un campo tan complejo.<sup>(5)</sup>

Esta revisión se propone sintetizar los avances en el diagnóstico citológico de los tumores cerebrales durante las últimas dos décadas; identificar las principales innovaciones tecnológicas, metodológicas y clínicas que han contribuido a mejorar su precisión, accesibilidad y aplicación en el manejo de la neurooncología.

## MÉTODOS

Revisión narrativa basada en una búsqueda bibliográfica, ejecutada entre enero de 2024 y febrero de 2025. Se emplearon las bases de datos PubMed, Scopus, Web of Science, Cochrane Library, SciELO, Medline y el buscador Google académico. Se utilizaron las palabras clave en español: “diagnóstico citológico”, “tumores cerebrales”, “neurooncología”, “biopsia estereotáctica” y “biomarcadores”; y en inglés: "cytological diagnosis", "braintumors", "neurooncology", "stereotacticbiopsy" y "biomarkers". Estos términos se combinaron para recopilar la información.



La selección de estudios se basó en los siguientes criterios: publicaciones de los últimos 20 años (2005-2025), artículos en español o inglés de estudios clínicos, ensayos controlados aleatorizados, estudios de cohortes, de casos y controles, revisiones sistemáticas y metaanálisis, con el tema diagnóstico citológico. Se excluyeron cartas al editor, estudios en animales sin relevancia en humanos, revisiones sin metodologías sistemáticas, artículos no accesibles al texto completo, salvo que sus resúmenes fueran informativos.

Se revisaron los títulos y resúmenes; los relevantes para el tema se analizó el texto completo y sus referencia. Entre enero de 2024 y febrero de 2025 se recuperaron aproximadamente 634 documentos, de los cuales se consultaron 73 tras evaluar títulos y resúmenes. Finalmente, se seleccionaron 24 documentos: el 91,66 % de los últimos 5 años (2020-2025) y el 8,34 % de 2015 a 2019, para combinar la literatura reciente con aportes históricos clave.

## DESARROLLO

El diagnóstico citológico en neurooncología ha evolucionado notablemente desde principios del siglo XX. Hasta esa fecha las limitaciones para acceder al cerebro lo mantenían restringido, pero se ha convertido en una herramienta clave. La citología exfoliativa de Papanicolaou, en los años 50 del siglo XX, marcó un avance en oncología, aunque su uso en tumores cerebrales fue limitado hasta los años 70, con la biopsia estereotáctica. Esta técnica, potenciada en entre los años 1980 y 1990 por la tomografía computarizada (TC) y la resonancia magnética nuclear (RMN), permitió realizar biopsias guiadas y precisas, lo cual aceleró el diagnóstico en casos en que la cirugía no era viable.<sup>(6)</sup>

En el siglo XXI, la aspiración con aguja fina (FNA) y la inmunocitoquímica (ICC) elevaron la precisión al facilitar la extracción de células y la identificación de biomarcadores. Desde el 2010, la citometría de flujo, la secuenciación genómica y los biomarcadores moleculares, revolucionaron el campo, brindaron datos sobre el comportamiento tumoral y la respuesta al tratamiento.<sup>(7)</sup> En la actualidad, la inteligencia artificial (IA) se vislumbra como el próximo paso, para optimizar el diagnóstico y consolidarlo como esencial en la neurooncología personalizada y menos invasiva.





La obtención de muestras citológicas para diagnosticar tumores cerebrales, se basa en la FNA y la biopsia estereotáctica. La FNA guiada por TC o RMN, recolecta células tumorales de forma rápida y mínimamente invasiva, lo cual es ideal para tumores inoperables o pacientes frágiles; aunque las muestras pequeñas pueden no reflejar la estructura completa del tumor.<sup>(8)</sup>

En contraste, la biopsia estereotáctica con navegación avanzada, accede a tumores profundos, donde se pueden obtener más tejidos para análisis citológico e histológico, pero requiere equipos especializados y conlleva riesgos, como las hemorragias. La elección depende de la localización del tumor, el estado del paciente y la tecnología disponible, que se combinan habitualmente para diagnósticos, preliminares y detallados. Esto desarrolla la neurooncología, con tratamientos específicos y un balance riesgo-beneficio mejor evaluado.<sup>(9)</sup>

La preparación de muestras citológicas es clave para un diagnóstico fiable. Tras recolectarlas con FNA o biopsia estereotáctica se extienden en portaobjetos, para secado al aire (evaluaciones rápidas) o se procesan con citoespín para concentrar células.<sup>(9)</sup> La fijación con alcohol se usa para la tinción de Papanicolaou (hematoxilina, OG-6, EA), que resalta los cambios malignos, mientras que el secado al aire es ideal para la tinción de May-Grünwald-Giemsa (MGG), que destaca la morfología.

La ICC detecta biomarcadores, con anticuerpos, visualizados por cromógenos o fluorescencia. Estas técnicas, aplicadas según la muestra y el objetivo diagnóstico, se combinan frecuentemente para una interpretación más completa, lo cual subraya su importancia en neurooncología.<sup>(10)</sup>

El diagnóstico citológico destaca especialmente por su capacidad para identificar y diferenciar tipos específicos de tumores cerebrales, mediante la observación de características morfológicas e integración de estrategias complementarias, como la inmunocitoquímica.<sup>(5,11)</sup> Entre los gliomas, por ejemplo, los astrocitomas de bajo grado se caracterizan por células con núcleos uniformes de tamaño moderado, cromatina fina y pequeños nucléolos, acompañados de un citoplasma escaso o moderado, que a veces muestra prolongaciones astrocitarias. Los glioblastomas de alto grado presentan células pleomórficas con núcleos grandes, irregulares e hipercromáticos, múltiples nucléolos, mitosis, necrosis y, en ocasiones, células gigantes con un citoplasma de apariencia variable.<sup>(12,13)</sup>



Los oligodendrogliomas exhiben núcleos redondos u ovalados, uniformes, con una cromatina que recuerda a un patrón "sal y pimienta" y un halo perinuclear distintivo, acompañados de un citoplasma escaso, que sugiere un arreglo en "células en panal". Para diferenciar estos tumores, la ausencia de pleomorfismo y mitosis, significaría un tumor de bajo grado; mientras que la ICC refina el diagnóstico con marcadores como la proteína ácida fibrilar glial para astrocitomas, Olig2 para oligodendrogliomas, y mutaciones en IDH1/IDH2 o la codeleción 1p/19q, que son específicos y ofrecen información pronóstica y terapéutica crucial.<sup>(14,15)</sup>

Los meningiomas de bajo grado muestran células epitelioides o fusiformes con núcleos ovales o redondos, cromatina fina, uno o dos nucléolos y un citoplasma eosinófilo, a menudo organizados en patrones de vórtices o "*whorls*". Los de alto grado presentan mayor pleomorfismo nuclear, mitosis frecuentes y células fusiformes o sarcomatoides, lo que indica una mayor agresividad. Su distinción de otros tumores se basa en estos patrones característicos y en la positividad para el antígeno de membrana epitelial y vimentina en la ICC, que descartan marcadores gliales o neuronales.<sup>(16)</sup>

Los meduloblastomas, típicamente asociados a pacientes jóvenes y localizados en la fosa posterior, se identifican por células pequeñas y azules con núcleos hipercromáticos redondos a ovales, y un citoplasma mínimo en el cual se pueden formar rosetas de Homer-Wright. Aunque estas son menos visibles en citología, marcadores como Synaptophysin o NeuN en ICC apoyan su diferenciación de otros tumores de células pequeñas.<sup>(17)</sup>

Los germinomas se caracterizan por células grandes, con núcleos redondos a ovales, cromatina reticular, nucléolos prominentes y linfocitos mezclados; mientras que los teratomas muestran una diversidad celular que refleja tejidos de las tres capas germinales, como epitelio, cartílago, o tejido nervioso. La ICC es esencial para identificarlos, utilizando marcadores como PLAP, c-KIT o OCT4 para germinomas, y varios marcadores, según los tejidos presentes en los teratomas.<sup>(18,19)</sup>

Los schwannomas presentan células fusiformes o estrelladas, con núcleos ovales o alargados, cromatina fina y un citoplasma moderado, con posibles vacuolas. Aunque los cuerpos de Verocay son menos evidentes en citología, la positividad para S100 en ICC los distingue de otros tumores nerviosos.<sup>(20)</sup>



Los linfomas del sistema nervioso central exhiben células linfoides grandes, con núcleos irregulares, cromatina gruesa, nucléolos prominentes y citoplasma moderado, con posible pleomorfismo o monomorfismo. Se confirman por marcadores como CD20 para linfomas B o CD3 para linfomas T.<sup>(7,21)</sup>

Las metástasis cerebrales varían según su origen: los carcinomas muestran células con núcleos pleomórficos y citoplasma variable, en grupos o aisladas, mientras que los melanomas presentan células grandes con citoplasma marrón por melanina y núcleos pleomórficos. Su diferenciación requiere correlación clínica, radiográfica y marcadores específicos como CK7/CK20 para carcinomas.

Sin embargo, la interpretación citológica no es definitiva por sí sola, debido a la superposición de características como pleomorfismo, mitosis y necrosis, comunes en tumores agresivos. Por esta razón, se integra con el contexto clínico (como edad, localización y antecedentes), datos de imagenología y, cuando es posible, hallazgos histopatológicos, para lograr mayor precisión diagnóstica mediante una valoración que aprovecha lo mejor de cada modalidad.<sup>(22)</sup>

A pesar de su indiscutible valor, el diagnóstico citológico enfrenta limitaciones que afectan tanto su precisión como su utilidad clínica. La interpretación de las muestras puede variar significativamente entre distintos patólogos, debido a diferencias en experiencia, formación y criterios diagnósticos personales, especialmente en casos en que las características celulares son ambiguas o poco claras. Incluso un mismo observador puede ofrecer interpretaciones distintas de una misma muestra en diferentes momentos, influido por factores como la fatiga, las condiciones de iluminación o el deterioro progresivo de la calidad del material, lo que pone de manifiesto la subjetividad inherente a este método.

La calidad de la muestra desempeña un papel crítico en la fiabilidad del diagnóstico: la cantidad de tejido obtenida puede ser insuficiente, particularmente en tumores pequeños o cuando las técnicas de muestreo no logran recolectar material representativo. Además, artefactos de preparación como aplastamiento, desecación o fijación inadecuada, junto con la presencia de sangre, necrosis o inflamación, pueden distorsionar la morfología celular o enmascarar las células tumorales y dificultar la interpretación precisa.<sup>(23)</sup>



La heterogeneidad intratumoral, especialmente pronunciada en tumores como los gliomas de alto grado, representa otro desafío significativo para el diagnóstico citológico. Estas lesiones pueden contener áreas con distintos grados de malignidad o tipos celulares diversos, y una sola muestra podría no capturar esta variabilidad, lo cual resulta en una evaluación que no refleja fielmente la agresividad o el comportamiento biológico del tumor en su totalidad. Esto puede llevar a diagnósticos subestimados o a la omisión de regiones críticas de mayor malignidad. Asimismo, la diferenciación entre tumores con características citológicas similares, como gliomas de bajo y alto grado, se ve obstaculizada por superposiciones morfológicas, que solo el contexto arquitectural proporcionado por la histopatología, puede resolver con claridad.

Entre otras restricciones, la citología ofrece información limitada sobre la arquitectura tumoral, en comparación con la histopatología, lo cual es esencial para ciertas clasificaciones y a menudo depende de técnicas complementarias, como la inmunocitoquímica o estudios moleculares. Sin embargo, estas técnicas pueden ser inviables si el material es escaso o de mala calidad, aumentan el riesgo de diagnósticos insuficientes o falsos negativos, especialmente si las áreas analizadas no son representativas del tumor.

La precisión del diagnóstico citológico también se ve influida por su dependencia de tecnología avanzada, como equipos para biopsias guiadas, y además, por la experiencia del personal involucrado en obtener e interpretar las muestras. Para superar estas limitaciones, resulta imprescindible integrar el diagnóstico citológico con otras modalidades diagnósticas, como la imagenología avanzada, la histopatología y las técnicas moleculares, y lograr una evaluación más completa y precisa.

La formación continua del personal médico, la estandarización de procedimientos y el uso de tecnologías emergentes, como la IA, para la interpretación de imágenes, ofrece soluciones prometedoras para mitigar estos desafíos y optimizar la aplicación clínica del diagnóstico citológico y asegurar que se mantenga como una herramienta valiosa en la neurooncología.<sup>(24)</sup>

El diagnóstico citológico se ha consolidado como un pilar clave en neurooncología, equilibra rapidez, precisión y es poco invasivo. Su futuro se vislumbra prometedor con la incorporación de la IA y tecnologías emergentes, que podrían superar sus limitaciones actuales, optimizar aún más





la gestión de los tumores cerebrales y reforzar su rol en la medicina personalizada. La colaboración entre disciplinas y la estandarización de procedimientos serán fundamentales para maximizar su impacto clínico.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bent MJ van den, Geurts M, French PJ, Smits M, Capper D, Bromberg JEC, et al. Primary brain tumours in adults [Internet]. The Lancet. 2023;402(10412):1564-79. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(23\)01054-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(23)01054-1)
2. Weinberg BD, Kuruva M, Shim H, Mullins ME. Clinical applications of magnetic resonance spectroscopy (MRS) in of brain tumors: from diagnosis to treatment [Internet]. Radiol Clin North Am. 2021 [acceso: 12/02/2025];59(3):349-62. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8272438/>
3. Dey P. The emerging role of deep learning in cytology [Internet]. Cytopathology. 2021 [acceso: 20/02/2025];32(2):154-60. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/cyt.12942>
4. Zin AAM, Zulkarnain S. Diagnostic Accuracy of Cytology Smear and Frozen Section in Glioma [Internet]. APJCP. 2019 [acceso: 12/02/2025];20(2):321. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6897032>
5. Kaifi R. A Review of Recent Advances in Brain Tumor Diagnosis Based on AI-Based Classification [Internet]. Diagnostics. 2023 [acceso: 20/02/2025];13(18):3007. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2075-4418/13/18/3007>
6. Akinyelu AA, Zaccagna F, Grist JT, Castelli M, Rundo L. Brain Tumor Diagnosis Using Machine Learning, Convolutional Neural Networks, Capsule Neural Networks and Vision Transformers, Applied to MRI: A Survey [Internet]. Journal of Imaging. 2022;8(8):205. DOI: <https://doi.org/10.3390/jimaging8080205>
7. Aspitia CG, Machuca MA, Massone AR. Inmunocitoquímica [Internet]. En: Colectivo de autores. Citología en caninos y felinos: herramientas para la interpretación diagnóstica. Editorial



de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP); 2024. P. 215-225. [acceso: 12/02/2025].

Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/169087>

8. Acosta M, Malaver G, Rodríguez C, Romero A, Gamboa O, Arboleda G, et al. Imagen espectroscópica por resonancia magnética en tumores cerebrales del sistema nervioso central de origen glial [Internet]. Revista Colombiana de Cancerología. 2022 [acceso: 20/02/2025]; 26(2):150-63. Disponible en:

[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0123-90152022000200150&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0123-90152022000200150&lng=en&nrm=iso&tlng=es)

9. Mestre B, Godo A, Estrada MD, Vivanco RM. Caracterización molecular de los tumores del sistema nervioso central por secuenciación masiva (next generation sequencing, NGS): evaluación de la utilidad diagnóstica, pronóstica y consideraciones de implementación [Internet]. Ministerio de Sanidad; 2024. [acceso: 26/02/2025]. Disponible en:

<https://scientiasalut.gencat.cat/handle/11351/12180>

10. Usón A, González NF, Hernández JP. Manual del técnico de anatomía patológica y citodiagnóstico [Internet]. Zaragoza: Amazing Books; 2023. [acceso: 12/02/2025]. Disponible en:

<https://books.google.com/cu/books?id=A7apEAAAQBAJ>

11. Jeffery ND. Biopsy of Brain Lesions [Internet]. Veterinary Clinics: Small Animal Practice. 2024 [acceso: 26/02/2025];55(1):41-55. Disponible en:

[https://www.vetsmall.theclinics.com/article/S0195-5616\(24\)00059-7/abstract](https://www.vetsmall.theclinics.com/article/S0195-5616(24)00059-7/abstract)

12. Sánchez E. Caracterización celular y estudio de la expresión de FKBP51 en cultivos primarios de glioblastoma [Internet]. [Tesis de maestría]. La Laguna: Universidad de la Laguna; 2022. [acceso: 12/02/2025]. Disponible en: <https://riull.ull.es/xmlui/handle/915/31932>

13. Valadares AD, Souza AM, Kaneshima EN, Fernandes IL, Jordão IP, Souza P da C, et al. Perfil Anatomopatológico e Imuno-histoquímico de Gliomas de Pacientes da Região de Maringá-PR [Internet]. Revista Brasileira de Cancerologia. 2021 [acceso: 26/02/2025];67(3):e-101287. Disponible en: <https://rbc.inca.gov.br/index.php/revista/article/view/1287>



14. Vaz MÁ. Estudio molecular de los tumores cerebrales oligodendrogiales [Internet]. [Tesis doctoral]. Alcalá de Henares: Universidad de Alcalá; 2022. [acceso: 20/02/2025]. Disponible en: <https://produccioncientifica.ucm.es/documentos/646baaf86f14943c96ff7d48>
15. Pons A, Majos C, Smits M, Oleaga L. Diagnóstico prequirúrgico de gliomas difusos en adultos: perspectivas prácticas de radiólogos de Unidades de neurooncología Post-WHO 2021 [Internet]. Radiología. 2024 [acceso: 20/02/2025];66(3):260-77. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0033833824000079>
16. Navarro Ballester A, Aleixandre Barrachina M, Marco Doménech SF. Actualización sobre el meningioma: correlación clínico-radiológica y radio-patológica [Internet]. Radiología. 2023 [acceso: 12/02/2025];65(5):458-72. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0033833823000498>
17. Smith TW. Pathology of Medulloblastoma: Morphologic Features and Molecular Classification [Internet]. En: Fitzgerald TJ. Medulloblastoma - Therapeutic Outcomes and Future Clinical Trials. IntechOpen; 2025. [aprox. 20 p.]. DOI: 10.5772/intechopen.1004583
18. Chougule M. Germ Cell Tumors [Internet]. En: Chougule M, editor. Neuropathology of Brain Tumors with Radiologic Correlates. Singapore: Springer; 2020. p. 307-13. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-981-15-7126-8\\_18](https://doi.org/10.1007/978-981-15-7126-8_18)
19. Burnham EL, Tomita T. Histogenesis of intracranial germ cell tumors: primordial germ cell vs. embryonic stem cell [Internet]. Childs Nerv Syst. 2023;39(2):359-68. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00381-022-05808-w>
20. Bueno P, Osorio JC, Tasamá CE, Bermúdez PC, Bueno P, Osorio JC, et al. Clinical, pathological, and immunohistochemical analysis of schwannoma in oral cavity: a case report [Internet]. Revista Facultad de Odontología Universidad de Antioquia. 2017 [acceso: 12/02/2025];28(2):433-44. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0121-246X2017000100433&lng=en&nrm=iso&tlng=en](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0121-246X2017000100433&lng=en&nrm=iso&tlng=en)



21. Mena Sandí JC. Actualización en tumores del SNC con mutaciones recurrentes y nuevas entidades diagnósticas [Internet]. [Tesis de especialista]. Costa Rica: Universidad de Costa Rica; 2020. [acceso: 26/02/2025] Disponible en: <https://hdl.handle.net/10669/82274>
22. Tejada S, Iglesias I, Meana L, Mollejo M, Díez R, González J, et al. Consenso sobre el tratamiento neuroquirúrgico de las metástasis intracraneales elaborado por el Grupo de Trabajo de Neurooncología (GTNO) de la Sociedad Española de Neurocirugía [Internet]. Neurocirugía. 2023;34(6):308-20. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.neucir.2023.07.003>
23. Báez A, Roffo AG, Escalante JG, Campero Á, Parera IC. Principales biomarcadores moleculares en la caracterización de los tumores del sistema nervioso central [Internet]. Revista Argentina de Neurocirugía. 2020;34(3):209-15. DOI: <https://doi.org/10.59156/revista.v34i03.126>
24. Tavares AR, Franco T de S, Oliveira CS de, Silva RR da, Martini SC, Farez M, et al. Integração de redes neurais e inteligência artificial no diagnóstico de tumores cerebrais: convergência entre tecnologia e saúde [Internet]. Cuadernos de Educación y Desarrollo. 2024 ;16(13):e7065-e7065. DOI: <https://doi.org/10.55905/cuadv16n13-154>

## Conflictos de interés

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

## Información financiera

No se requirió financiamiento.

## Contribuciones de los autores

Conceptualización: *Mairen Sotomayor González, Elaine Brocard Azahares, Mercedes Salinas Olivares, Wendolin Rodriguez Borges.*

Curación de datos: *Mairen Sotomayor González, Elaine Brocard Azahares, Mercedes Salinas Olivares, Wendolin Rodriguez Borges.*



Análisis Formal: *Mairen Sotomayor González, Elaine Brocard Azahares, Mercedes Salinas Olivares, Wendolin Rodríguez Borges.*

Investigación: *Mairen Sotomayor González, Elaine Brocard Azahares, Mercedes Salinas Olivares, Wendolin Rodríguez Borges.*

Metodología: *Mairen Sotomayor González, Elaine Brocard Azahares, Mercedes Salinas Olivares, Wendolin Rodríguez Borges.*

Visualización: *Mairen Sotomayor González, Elaine Brocard Azahares, Mercedes Salinas Olivares, Wendolin Rodríguez Borges.*

Redacción - Elaboración del borrador original: *Mairen Sotomayor González, Elaine Brocard Azahares, Mercedes Salinas Olivares, Wendolin Rodríguez Borges.*

Redacción - Revisión y edición: *Mairen Sotomayor González, Elaine Brocard Azahares, Mercedes Salinas Olivares, Wendolin Rodríguez Borges.*

## Disponibilidad de datos

No hay datos asociados con este artículo.